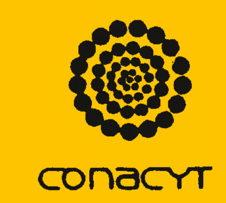
ISSN 0187-7151



ACTA BOTANICA MEXICANA

núm. 15 *Septiembre 1991*

Instituto de Ecología A.C.



CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL

Acta Botánica Mexicana (1991), 15:1-16

ANALISIS DE LA VEGETACION EMPLEANDO LA TEORIA DE CONJUNTOS DIFUSOS COMO BASE CONCEPTUAL

MIGUEL EQUIHUA[1]

Instituto de Ecología, A.C.

RESUMEN

La mayoría de las técnicas de clasificación de muestras de comunidades ecológicas están orientadas a caracterizar grupos discretos. Sin embargo las comunidades ecológicas no están separadas por límites precisos, por el contrario existe mezcla entre ellas. Otra característica de este tipo de clasificaciones es que llevan a suponer que los elementos comprendidos dentro de una clase son todos equivalentes, es decir, todos ellos muestran las mismas características o tienen el mismo rango dentro del grupo. Esto es una simplificación excesiva para el caso de comunidades ecológicas, puesto que se ha demostrado que su estructura varía conforme las especies componentes responden de manera más o menos independiente a los gradientes ambientales. En consecuencia tanto el traslape como la heterogeneidad interna son características importantes de las comunidades ecológicas, atributos que no pueden incorporarse fácilmente con los enfoques convencionales de clasificación. En este artículo se propone que el uso de la teoría de conjuntos difusos, como una base conceptual alternativa, es apropiada para representar las comunidades ecológicas en forma más satisfactoria.

La técnica difusa de *k*-medias se empleó para clasificar una muestra de vegetación de la región de la Reserva de la Biósfera La Michilía, ubicada en el estado de Durango, México. Esta clasificación difusa se contrastó contra la de tipo convencional elaborada con el programa TWINSPAN. Se consideró que cuatro grupos representan satisfactoriamente la vegetación del área. Se interpretó que dos de los grupos corresponden a mezclas entre selva baja caducifolia, matorral xerófilo, pastizal y bosque de encino-pino. Los otros dos son bosques de pino y encino. Todos los grupos se pueden ordenar sobre un gradiente principal de aridez.

Los resultados sugieren que una clasificación difusa de la vegetación es apropiada y útil. Se muestra que los grupos formados proporcionan una descripción coherente de las comunidades del área, en la que se conserva la información relativa a la variación natural y a la mezcla entre ellas. Se demuestra también que estos grupos pueden ser analizados en términos de su asociación con variables externas, lo que proporciona información sobre la ecología de las especies componentes y los factores que influyen sobre la estructura de cada comunidad.

ABSTRACT

Most current techniques for classifying ecological community data are intended to typify discrete groups. However, ecological communities are not separated by distinct boundaries and some mixing between neighbouring communities occurs. Another aspect of these classifications is that they assume that the entities within each group are all equivalent, i.e. all of them will show the same characteristics or will have the same rank within the group. This is an over simplification since the structure of natural communities has been shown to vary as their component species respond more or less independently

[1] Dirección actual: University of York, York, YO1 5DD, Inglaterra

to environmental gradients; thus, both overlapping and internal heterogeneity are important features of ecological communities that cannot be incorporated easily in conventional classification approaches. In this paper, it is proposed that fuzzy set theory provides a conceptual basis which overcomes the limitations of conventional approaches.

The fuzzy *k*-means algorithm was used to classify a vegetation sample from the region of the biosphere reserve 'La Michilía', in the state of Durango, México. This fuzzy classification was compared with a conventional classification produced by the TWINSPAN program. It was reckoned that four groups were a suitable representation of the vegetation of the area. It was interpreted that two of the groups were mixtures of deciduous tropical forest, xerophytic shrubland, grassland and oak-pine forest. The other two groups are oak-pine forests. All of the groups can be arranged along a main gradient of aridity.

The results suggest that a fuzzy set classification of vegetation data is appropriate and useful. It is shown that the groups formed give a sensible description of the ecological communities while also retaining the information on the natural variation and mixing between them. It is also demonstrated that these groups can be analysed in terms of their association with external variables, providing a good insight into the ecology of the component species and the factors influencing the structure of each community.

INTRODUCCION

Conjuntos difusos

Las ideas de la teoría de conjuntos difusos han sido discutidas en la literatura ecológica (por ejemplo Bosserman y Ragade, 1982; McBratney y Moore, 1985; Roberts, 1986 y Dayong, 1988); sin embargo no parecen haber alcanzado todavía una difusión muy amplia. Para los propósitos de este trabajo sólo se requieren algunos de los conceptos más básicos de esta teoría, los que a continuación se discuten. Como es sabido, un conjunto ordinario se define como una agrupación de elementos que comparten ciertos criterios. Se entiende que cualquier elemento puede ser miembro o no de un conjunto, según satisfaga su especificación. Un conjunto difuso se produce cuando los elementos pueden ser miembros *parciales* del mismo conjunto. Una forma de representar esto es definir una variable de *afiliación* que tome el valor '1' si el elemento pertenece al conjunto y '0' en caso contrario (de acuerdo con el concepto de un conjunto ordinario). Si esta idea se extiende para permitir que la variable de afiliación tome cualquier valor entre '0' y '1' el resultado es un conjunto difuso o nebuloso, porque sus fronteras no están claramente definidas. En el caso de los conjuntos ordinarios los criterios que se usan para definir un conjunto deben satisfacerse exactamente. En los conjuntos difusos puede pensarse que esos criterios caracterizan un elemento ideal o típico con el cual cualquier otro elemento tiene un cierto grado de similitud. Este grado de similitud determina su valor de pertenencia en el conjunto.

Diferencia entre probabilidad y nebulosidad

Es importante destacar la diferencia entre el concepto de probabilidad y la idea de nebulosidad. La probabilidad es una manera de expresar la frecuencia con la que se espera se presente un determinado evento cuando su ocurrencia es incierta, es decir es una medida de la esperanza que existe de que ocurra dicho evento. Por su parte la nebulosidad es una medida de similitud. En ciertas ocasiones, a pesar de esta diferencia, ambos

conceptos resultan más o menos equivalentes, pero en general no lo son. Existe también una semejanza superficial debida a que tanto las probabilidades como el grado de pertenencia se representan usualmente con valores en el intervalo [0, 1], pero mientras que para las probabilidades se requiere que sumen 1 al considerar todos los posibles resultados, los valores de afiliación no tienen esta restricción (Kauffman, 1975). Los conjuntos difusos son de utilidad porque hacen posible representar y modelar la incertidumbre resultante de que los elementos de un conjunto puedan satisfacer sólo parcialmente su definición, la que generalmente es distinta de la incertidumbre asociada al proceso de observación, mejor representada en términos de probabilidad. De hecho puede verse que ambas ideas son complementarias.

Aplicablilidad en ecología

El concepto de ecosistema lo mismo que los de comunidad, asociación, nivel trófico, etc. pueden mencionarse como ejemplos de conjuntos difusos. En realidad, muchos conceptos y definiciones en Ecología dan lugar a conjuntos difusos al momento de aplicarlos a casos particulares. Por ejemplo, una muestra de bosques de pino no puede satisfacer exactamente una definición cualquiera de asociación. Puede verse que a la variabilidad resultante contribuye, además de la incertidumbre proveniente de las dificultades de muestrear los sistemas ecológicos (probabilística), la incertidumbre derivada de que las definiciones con que se trabaja son relativamente vagas o imposibles de aplicar en forma estricta. La teoría de los conjuntos difusos es útil para la descripción y el análisis bajo estas últimas circunstancias.

En la teoría de conjuntos ordinaria, el concepto de *partición* se aplica a un conjunto cuando es dividido en subconjuntos mutuamente excluyentes que no están vacíos. Esta idea es enteramente equivalente al concepto tradicional de un sistema de clasificación (tal tipo de partición se denomina *dura* en el presente trabajo). En la teoría de conjuntos difusos una partición no consiste necesariamente de subconjuntos mutuamente excluyentes; por el contrario, debe existir traslape al menos en un par de los subconjuntos resultantes (Bezdek, 1981). La indicada característica parece idónea para representar comunidades ecológicas, pues si bien la composición biótica varía más o menos en forma continua a lo largo de gradientes ambientales (Whittaker, 1975; Austin, 1985), usualmente puede reconocerse cierta estructura de comunidad. Esta estructura puede ser importante para explicar diversos fenómenos ecológicos (Roughgarden y Diamond, 1986). De tal manera, la teoría de conjuntos difusos parece capaz de dar cabida a la concepción de las comunidades ecológicas como entidades reconocibles, al mismo tiempo que acepta el hecho de la variación gradual de la composición biótica a lo largo de gradientes ambientales.

El objetivo de la presente contribución es evaluar la viabilidad del uso de conjuntos difusos para describir comunidades ecológicas. Los conjuntos difusos que se utilizan en este trabajo se definen en términos de composición específica (la cual se denomina *centroide*). Los valores de afiliación definen el grado en que cada sitio de muestreo corresponde a cada subconjunto. Bosserman y Ragade (1982) sugieren se recurra al "juicio de expertos" como una forma de estimar los valores de afiliación, que es una posibilidad frecuentemente empleada en otras aplicaciones de conjuntos difusos. En este trabajo, sin embargo, se optó por una forma más objetiva basada en el método de análisis de cúmulos

propuesto inicialmente por Dunn (1974) y más tarde elaborado por Bezdek (1974, 1981, 1987) y Bezdek et al. (1981a, 1981b). El procedimiento se basa en la idea de encontrar un número 'k' de centroides tal que las observaciones estén a la mínima distancia posible de ellos. El método es denominado *k*-medias difuso ("fuzzy *k*-means" o "fuzzy ISODATA" en inglés) y ha sido aplicado con éxito al análisis de vegetación (Equihua, 1990). Como una forma de contrastar la clasificación basada en conjuntos difusos con un enfoque de clasificación más convencional se empleó el programa TWINSPAN (Hill, 1979) para producir una partición de tipo ordinario.

METODOS

Obtención de una clasificación difusa

El método difuso de *k*-medias se basa en encontrar el mínimo de la siguiente ecuación

$$J(\mathbf{M},\mathbf{C},\mathbf{A}) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{k} (m_{ij})^{\alpha} (d_{ijA})^2 \quad , \qquad (1)$$

en donde

$$(d_{ijA})^2 = \|\mathbf{x}_i - \mathbf{c}_j\|_A^2 = (\mathbf{x}_i - \mathbf{c}_j)^T \mathbf{A} (\mathbf{x}_i - \mathbf{c}_j)$$

es la medida de distancia. **A** es la matriz que establece la norma en la que se basa la medida de distancia (esencialmente determina el peso que reciben las distintas variables), su dimensión es p que es el número de especies consideradas. El exponente α es el parámetro de nebulosidad ($1 \leq \alpha < \infty$), $\mathbf{x}_i$ es el vector de abundancias de las especies en el sitio *i*, el vector $\mathbf{c}_j$ es el centroide del grupo *j*, m_{ij} es el valor de afiliación del sitio *i* en el grupo *j*. **M** es la matriz de afiliaciones y **C** la matriz de centroides ($\mathbf{M}=\{m_{ij}\}$ y $\mathbf{C}=\{\mathbf{c}_j\}$ respectivamente). Las constantes *n* y *k* son el tamaño de la muestra y el número de grupos a identificar respectivamente.

La ecuación (1) define toda una familia de criterios de agrupamiento como una función del parámetro de nebulosidad. Cuando α=1, la solución de la ecuación (1) se asocia con una partición dura. Conforme α crece los grupos se vuelven más difusos. Si bien una partición dura puede no ser enteramente satisfactoria por forzar una demarcación neta entre clases, una participación completamente difusa tampoco es útil (las afiliaciones son 1/*k* en todos los casos). La experiencia con este método de análisis de conglomerados en otras aplicaciones ha mostrado que cuando α=2 se obtienen resultados satisfactorios

(Dunn, 1974; Bezdek, 1981; McBratney y Moore, 1985). En consecuencia este valor es el que se usó en este trabajo.

Para minimizar la ecuación (1) hay que resolver la siguiente pareja de expresiones

$$\mathbf{c}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} (m_{ij})^2 \mathbf{x}_i}{\sum_{i=1}^{n} (m_{ij})^2} \quad , \quad 1 \leq j \leq k \qquad (2)$$

$$m_{ij} = \left[\sum_{h=1}^{k} \left[\frac{(d_{ijA})^2}{(d_{ihA})^2} \right]^{(1/\alpha - 1)} \right]^{-1} \quad , \; 1 \leq j \leq k, \; 1 \leq i \leq n \qquad (3)$$

En el procedimiento propuesto por Bezdek (1981) este sistema de ecuaciones es resuelto iterativamente para un número previamente establecido de grupos, una matriz **A** que en este trabajo fue la idéntica o la diagonal, $\{1/s^2_{ii}\}$ donde s^2_{ii} es la varianza de la especie *i*, (según los grupos sean relativamente circulares o elipsoidales respectivamente), y una matriz inicial de valores de afiliación. La solución identifica un mínimo local de la ecuación (1). Debe notarse que las afiliaciones, para hacer posible la obtención de una partición difusa, deben sumar 1 para cualquier sitio. Cuando $\mathbf{x}_i = \mathbf{c}_j$ (lo que implica $d_{ijA}=0$) el correspondiente valor de afiliación, m_{ij}, no puede calcularse con la ecuación (3), pero la afiliación del sitio *i* es obviamente 1 en el grupo *j* y 0 en los demás. Dada la propiedad de convergencia de este procedimiento a un mínimo local, es claro que diferentes valores iniciales de afiliación pueden desembocar en diferentes mínimos de la ecuación (1). Por lo tanto es importante especificar la estrategia empleada para generar dichos valores.

En muestreos de comunidades ecológicas es muy raro que un par de réplicas tengan similitudes altas, por el contrario, ésta se encuentra por lo general entre 90% y 50% (Gauch, 1982) debido a factores estocásticos, como por ejemplo, la dispersión y el establecimiento de los vegetales. Por supuesto que restricciones en el muestreo también contribuyen a limitar el grado de similitud mesurable. De acuerdo con Gauch (1982), las técnicas de ordenación recuperan selectivamente la información sobre los patrones ecológicos más relevantes para el conjunto de especies considerado. Al mismo tiempo relegan el ruido (o variabilidad no atribuible a algún factor ecológico en particular) a los ejes asociados con los eigenvalores más pequeños. Aprovechando esta propiedad de la ordenación para reducir el ruido en la muestra, los ejes de ordenación dominantes pueden usarse como las variables sobre las que se efectúa la clasificación. Tal procedimiento es el que se empleó en este trabajo, usando el método de promediación recíproca como técnica de ordenación (Hill, 1973).

De acuerdo con la ecuación (2) los centroides son un promedio ponderado donde las afiliaciones son los pesos. Esto sugiere que una vez obtenidos los valores de afiliación,

la misma ecuación (2) puede utilizarse para calcular los centroides de otras variables de interés asociadas con la muestra que se analiza. Esta circunstancia fue aprovechada para expresar los centroides en términos de especies, cuando la clasificación se llevó a cabo sobre ejes de ordenación.

Para contrastar las diferentes variantes del análisis se aplicó la técnica de correlación canónica con el propósito principal de determinar la proporción de la varianza del conjunto de especies que puede ser explicado con base en la clasificación. El índice de redundancia (Gittins, 1985) mide esta proporción y es el que se usó para efectuar las comparaciones. Tal parámetro estadístico se calcula como

$$Q = \sum_{i=1}^{c} (\|\mathbf{a}_i\|^2/p)\, r_i^2 \quad ,$$

donde $\mathbf{a}_i$ es el vector i de correlaciones entre las variables y el correspondiente eje canónico, r_i es la correlación canónica respectiva, p es el número de variables en el conjunto considerado y c es el número de ejes canónicos estimados. Para el cálculo se consideró como uno de los conjuntos de variables a los conteos por especies y como el otro conjunto a las afiliaciones calculadas en el análisis de cúmulos (sólo se incluyeron k-1 variables de afiliación puesto que se calculan con la restricción de que sumen uno). La misma forma de análisis se aplicó a las variables ambientales. También se empleó la correlación canónica para evaluar los resultados producidos por TWINSPAN, en este caso la clasificación se representó mediante k variables indicadoras, una para cada grupo. Las variables indicadoras toman el valor uno para los individuos asignados al grupo correspondiente y cero para los restantes. Al igual que en el caso anterior sólo k-1 variables indicadoras son necesarias para representar la clasificación completa.

Descripción de los datos empleados como ilustración

La zona muestreada se localiza en la porción sudoriental del estado de Durango (23° 15' a 23° 45' N y 104° a 104° 20' O). Incluye la totalidad de la Reserva de la Biósfera La Michilía. La topografía es irregular con altitudes que oscilan entre 1700 y 2900 m. Los climas van desde los secos esteparios (BS_0) hasta los más secos de los subhúmedos ($C(w_0)$), de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1964). El régimen de lluvias es de verano. Predominan en la zona las rocas extrusivas ácidas. Los suelos son principalmente litosoles. La vegetación consta de bosques de encino y pino, matorral xerófilo, pastizal y bosque tropical caducifolio.

El muestreo se realizó dentro de dos transectos de 56 km de longitud y 10 km de ancho orientados de norte a sur. Su ubicación se planeó con la intención de captar la mayor variabilidad posible debida a la posición geográfica, de acuerdo con el esquema de muestreo en "gradsectos" propuesto por Gillison y Brewer (1985). Dentro de cada sitio de muestreo se ubicaron cuatro parcelas de 50 x 20 m, dispuestas con el eje mayor paralelo a la cota de nivel, una en cada una de las siguientes posiciones: norte, sur, intermedia (entre norte y sur), y sin pendiente apreciable. En cada parcela se contaron los fustes

de los árboles y arbustos más prominentes. La muestra consta en total de 203 parcelas (Austin, Becerra et al., 1984). Para cada parcela se estimaron, con base en información cartográfica, la temperatura promedio anual y la precipitación total anual. También se tomaron medidas de orientación y azimut de las elevaciones que definen el horizonte en torno a cada parcela, para calcular un índice local de la cantidad de radiación incidente relativo a la que recibiría una superficie plana (Austin, Cunningham y Fleming, 1984). Este índice, que tiene usualmente valores bajos en las laderas orientadas en dirección opuesta al Ecuador, se calculó como promedio anual y también para el mes de junio como representativo del verano.

RESULTADOS

Se hicieron los análisis de conjuntos difusos y TWINSPAN tanto sobre la matriz original de conteos como sobre su equivalente de presencias. En primer lugar se efectuaron ordenaciones para determinar el número de ejes a usar en la clasificación difusa. Se consideró que tres ejes son suficientes para resumir la información contenida en la muestra. Se elaboraron clasificaciones difusas basadas en la norma Euclidiana y la diagonal, que corresponden, en este caso, al uso de eigenvectores normalizados a longitud proporcional a sus eigenvalores y longitud unitaria respectivamente. En esta forma la norma Euclidiana implica que la clasificación da mayor peso a los ejes de acuerdo con su dominancia. El procedimiento de asignación inicial de afiliaciones que se empleó consistió en: 1) encontrar el eje de ordenación dominante en la muestra y dividirlo en k segmentos de igual longitud y 2) asignar a las observaciones encontradas en cada segmento una afiliación de 0.9 en el grupo que corresponde al segmento y $0.1/(k\text{-}1)$ en cada uno de los grupos restantes. El método de ordenación empleado fue el de la promediación recíproca (Hill, 1973).

Como se mencionó en la sección anterior, la vegetación del área puede dividirse en cuatro grupos básicos. En el análisis de cúmulos se consideró que también cuatro grupos producen una partición razonable de la muestra. En el cuadro 1 puede verse que la clasificación que mayor redundancia muestra con el conjunto de especies, es la que se basó en los datos de conteos y utilizó la norma diagonal. Puede verse también que en general hay poca diferencia entre las clasificaciones basadas en conjuntos difusos y que cualquiera de ellas es superior a las clasificaciones duras producidas por TWINSPAN. Los valores de redundancia de las especies sobre los grupos son bajos probablemente debido a que no todas las especies son igualmente valiosas para identificar los grupos. Seguramente es posible encontrar un subconjunto de especies que haga óptima la redundancia de las especies sobre los grupos, de modo similar a lo que se hizo con las variables ambientales. Sin embargo no se exploró esta posibilidad para las especies.

Para el análisis de la asociación entre variables ambientales y grupos, así como para comparar las clasificaciones, se seleccionó el subconjunto de variables que hizo óptima la redundancia. Este subconjunto consistió de la temperatura media anual (t), la precipitación total anual (P) y el cuadrado de ambas. Se incluyeron términos cuadráticos porque es de esperar que las afiliaciones tengan óptimos sobre estos gradientes. Los resultados del análisis de correlación canónica se resumen en el cuadro 2. Nuevamente los resultados para las clasificaciones difusas sugieren que se asocian mejor con las variables ambientales que las clasificaciones duras. También puede notarse que la

Cuadro 1. Resumen del análisis de correlación canónica entre las distintas clasificaciones y el conjunto de especies. Los valores de redundancia son una medida del grado en que la clasificación reproduce el comportamiento de las especies (penúltima columna) y a la inversa (última columna). Los valores de F corresponden a la aproximación de la T^2 de Hotteling.

ESPECIES							
		Correlación Canónica				Redundancia (%)	
Datos	Norma	1	2	3	F (72/524)	Grupos Especies	Especies Grupos
CONJUNTOS DIFUSOS							
P/A	Diagonal	89	85	80	20.02	71	20
P/A	Euclidiana	90	85	80	20.09	72	20
Conteos	Diagonal	93	88	82	28.21	78	20
Conteos	Euclidiana	93	88	82	27.92	76	20
TWINSPAN							
P/A	________	90	81	75	18.17	68	19
Conteos	________	90	82	75	18.27	68	19

Cuadro 2. Resultados del análisis de correlación canónica entre las clasificaciones y las variables ambientales. Se seleccionaron las variables ambientales que hicieron máximos los valores de redundancia. Las variables consideradas son temperatura, precipitación, y el cuadrado de estos dos parámetros. La redundancia de grupos/variables es la proporción de la varianza de las variables ambientales explicable con la clasificación. La redundancia de variables/grupos indica el grado en que la clasificación puede ser descrita con base en las variables ambientales. Los valores de F corresponden a la aproximación de la T^2 de Hotteling.

VARIABLES AMBIENTALES							
		Correlación Canónica				Redundancia (%)	
Datos	Norma	1	2	3	F (12/584)	Grupos Variables	Variables Grupos
CONJUNTOS DIFUSOS							
P/A	Diagonal	90	83	36	107.89	60	69
P/A	Euclidiana	90	84	36	112.54	62	70
Conteos	Diagonal	89	73	25	78.03	51	66
Conteos	Euclidiana	89	73	25	78.90	53	66
TWINSPAN							
P/A	________	89	83	32	100.24	46	68
Conteos	________	89	84	34	102.00	46	67

clasificación que mayor redundancia mostró con las especies tiene un mínimo con las variables ambientales. Otro aspecto interesante es que los valores de redundancia de las variables ambientales sobre los grupos sugieren que es posible expresar las afiliaciones como una función de la temperatura y la precipitación.

A pesar de que hay un buen grado de asociación entre las variables ambientales y las clasificaciones difusas, puede considerarse que la redundancia con el conjunto de especies es una mejor indicación de la calidad de la clasificación, puesto que el grupo de variables ambientales elegido puede no incluir a los factores más importantes para explicar la variación de las especies y porque, por la forma como se calculan las estimaciones, están más sujetas a error. Esto también puede explicar la aparente relación inversa entre la redundancia de las especies con la de las variables ambientales.

Los centroides de la clasificación basada en conteos y norma diagonal se muestran en el cuadro 3. Para la interpretación de esta tabla una especie se puede considerar como elemento característico del grupo en el que muestra valores más altos. Su grado de asociación es proporcional al grado de contraste que muestre entre los diferentes grupos, es decir las especies más fuertemente asociadas con un grupo son aquellas que tienen valores altos en ese grupo y bajos en todos los demás. Este es el criterio que se usó para ordenar las especies por grupos en el cuadro 3. Las funciones de afiliación se graficaron como mapas del área en la figura 1.

El grupo 1 está caracterizado por *Calliandra eriophylla, Bursera fagaroides* y *Dasylirion durangense.* Estas especies crecen en ambientes cálidos y secos, lo que está claramente indicado en este análisis, pues el grupo se asocia con la máxima temperatura y la mínima precipitación entre los grupos (Cuadro 4). *Acacia schaffneri* aparece asociada con la transición de la vegetación de este grupo hacia el grupo 2, lo mismo que *Opuntia leucotricha, Agave* sp. y *Mimosa biuncifera.* En esta forma el grupo 1 comprende comunidades transicionales entre el matorral xerófilo y la selva baja caducifolia.

El grupo 2 resulta definido por *Opuntia leucotricha, O. robusta, Mimosa biuncifera* y *Agave* sp., que son componentes típicos de los matorrales xerófilos y pastizales áridos del Altiplano Mexicano, y *Quercus grisea.* Este grupo está asociado con suelos someros (muestra la mínima frecuencia en suelo profundo en el cuadro 4). La transición entre matorral y bosque de pino y encino se caracteriza en el área por la presencia de *Q. grisea, Q. eduardii, Juniperus deppeana, Arctostaphylos pungens* y *Pinus cembroides.* Es interesante notar que el análisis sugiere que esta última especie se comporta de una manera bimodal, pues muestra dos máximos de abundancia uno en el grupo 2 y otro en el 4.

El grupo 3 está caracterizado por los encinos *Quercus durifolia, Q. rugosa, Q. sideroxyla* y *Q. eduardii* junto con *Pinus durangensis, P. arizonica* y *Juniperus deppeana.* En el estrato arbustivo están presentes *Arctostaphylos pungens* y *Pithecellobium leptophyllum.* Estas especies son comunes en los bosques de pino y encino, pero algunas de ellas también se encuentran en comunidades mezcladas con pastizal (Maysilles, 1959) o matorral xerófilo (Shelford, 1963; Rzedowski, 1978). De esta manera los elementos de este grupo pueden describirse como bosques de pino y encino de habitats secos.

Las especies asociadas con el grupo 4 son *Quercus urbanii, Pinus engelmanii, P. chihuahuana, P. cembroides, Arbutus xalapensis* y *A. glandulosa.* Tales árboles son

Cuadro 3. Promedio de abundancia de las especies en cada uno de los cuatro grupos difusos obtenidos de la clasificación. Las frecuencias se obtuvieron aplicando la ecuación (2) a la matriz de presencia/ ausencia derivada de los datos originales. Las especies distintivas de un grupo son aquellas que muestran valores altos en tal campo y bajos en los demás. Este criterio se empleó para ordenar las especies en los cuatro grupos sugeridos.

	CENTROIDES							
	Densidad (individuos/ha)				Frecuencia (%)			
Especies	1	2	3	4	1	2	3	4
Calliandra eriophylla Benth.	443	0	2	1	86	0	3	0
Bursera fagaroides HBK.	71	2	1	0	77	7	1	1
Dasylirion durangense Trel.	87	5	7	24	66	16	8	16
Acacia schaffneri (Wats.) Hermann	36	17	6	5	84	33	1	1
Opuntia robusta Wendl.	1	13	1	1	5	54	7	10
Quercus grisea Liebm.	19	147	24	18	16	95	27	36
Mimosa biuncifera Benth.	20	53	2	2	15	47	2	1
Agave sp.	23	39	7	2	49	38	5	2
Opuntia leucotricha DC.	35	40	1	2	78	62	4	6
Pithecellobium leptophyllum (Cav.) Dav.	0	0	24	1	0	0	26	1
Quercus durifolia von Seeman	0	1	17	0	0	3	16	0
Pinus durangensis Martínez	0	0	37	3	0	1	51	3
Arctostaphylos pungens HBK.	7	15	426	18	1	26	94	59
Pinus arizonica Engelm.	0	1	38	7	0	3	44	2
Juniperus deppeana Steud.	1	7	40	4	12	34	65	18
Quercus rugosa Née	1	1	70	27	0	0	65	56
Quercus sideroxyla Humb. et Bonpl.	1	0	97	45	0	0	36	34
Quercus eduardii Trel.	1	42	86	31	1	53	60	27
Quercus urbanii Trel.	1	0	9	211	1	2	42	85
Pinus engelmannii Car.	0	0	1	16	1	1	6	46
Pinus chihuahuana Engelm.	0	1	11	92	0	0	23	21
Arbutus xalapensis HBK.	0	1	17	43	0	3	42	82
Arbutus glandulosa Mart. et Gal.	0	0	10	23	0	0	30	56
Pinus cembroides Zucc.	3	26	2	66	12	36	3	55

Cuadro 4. Promedios de las variables ambientales en cada uno de los grupos difusos. Los valores se obtuvieron aplicando la ecuación (2) a cada una de las variables indicadas.

CENTROIDES				
	Grupos			
Variables	1	2	3	4
Altitud (m)	1925	2169	2478	2627
Temperatura media (ºC)	18.6	16.2	13.0	12.2
Precipitación total (mm)	412	500	591	637
Radiación de verano	0.93	0.96	0.94	0.92
Radiación anual	0.96	0.95	0.94	0.90
Frecuencia en suelo profundo (%)	46	23	46	36

componentes frecuentes de los bosques de las montañas de la Sierra Madre de Durango (Maysilles, 1959). De acuerdo con los resultados del análisis, las especies de este grupo crecen en las porciones más frescas y semihúmedas de la zona. El valor del índice de radiación anual sugiere (Cuadro 4) que este grupo prefiere las laderas protegidas. *P. cembroides* parece un poco fuera de lugar en el grupo. Era de esperar que esta especie fuera representante de los grupos 2 ó 3, sin embargo el análisis sugiere un comportamiento bimodal que es difícil de explicar sin información adicional. No obstante, este mismo tipo de patrón ha sido observado en otras ocasiones para *Dasylirion* spp. (J. Rzedowski, comunicación personal) y es también aparente en los resultados de este análisis (Cuadro 3).

La distribución de los grupos de la clasificación de TWINSPAN en el área se ilustra en la figura 2 junto con un mapa altimétrico de la Michilía. Puede verse el alto grado de correspondencia entre TWINSPAN y la clasificación difusa. Las isolíneas de 0.4 de afiliación coinciden aproximadamente con los límites entre clases producidos por TWINSPAN. La correspondencia entre la distribución geográfica de los grupos y la topografía es notable como puede verse si se comparan los mapas de afiliación con el de altitud que se muestra.

DISCUSION

El patrón de comunidades identificado tanto por TWINSPAN como por la clasificación difusa, corresponde bien con lo que se puede esperar para la región (Gentry, 1957, Shelford, 1963; Miranda y Hernández, 1964; Rzedowski, 1978; González-Elizondo, 1983). En la cuenca del río Mezquital, que es la porción con menor altitud, se encuentran las comunidades termófilas (grupo 1). Conforme se gana altitud la vegetación se transfoma en matorrales xerófilos y pastizales, que son los que dominan en los valles intermontanos (grupo 2). Los bosques de pino y encino se presentan en las partes altas (grupos 2 y 4), con su variante más húmeda principalmente en la Sierra de Urica (al noreste de la región). Ambos métodos de análisis identifican esencialmente el mismo patrón de

Cuadro 4. Promedios de las variables ambientales en cada uno de los grupos difusos. Los valores se obtuvieron aplicando la ecuación (2) a cada una de las variables indicadas.

CENTROIDES				
	Grupos			
Variables	1	2	3	4
Altitud (m)	1925	2169	2478	2627
Temperatura media (ºC)	18.6	16.2	13.0	12.2
Precipitación total (mm)	412	500	591	637
Radiación de verano	0.93	0.96	0.94	0.92
Radiación anual	0.96	0.95	0.94	0.90
Frecuencia en suelo profundo (%)	46	23	46	36

componentes frecuentes de los bosques de las montañas de la Sierra Madre de Durango (Maysilles, 1959). De acuerdo con los resultados del análisis, las especies de este grupo crecen en las porciones más frescas y semihúmedas de la zona. El valor del índice de radiación anual sugiere (Cuadro 4) que este grupo prefiere las laderas protegidas. *P. cembroides* parece un poco fuera de lugar en el grupo. Era de esperar que esta especie fuera representante de los grupos 2 ó 3, sin embargo el análisis sugiere un comportamiento bimodal que es difícil de explicar sin información adicional. No obstante, este mismo tipo de patrón ha sido observado en otras ocasiones para *Dasylirion* spp. (J. Rzedowski, comunicación personal) y es también aparente en los resultados de este análisis (Cuadro 3).

La distribución de los grupos de la clasificación de TWINSPAN en el área se ilustra en la figura 2 junto con un mapa altimétrico de la Michilía. Puede verse el alto grado de correspondencia entre TWINSPAN y la clasificación difusa. Las isolíneas de 0.4 de afiliación coinciden aproximadamente con los límites entre clases producidos por TWINSPAN. La correspondencia entre la distribución geográfica de los grupos y la topografía es notable como puede verse si se comparan los mapas de afiliación con el de altitud que se muestra.

DISCUSION

El patrón de comunidades identificado tanto por TWINSPAN como por la clasificación difusa, corresponde bien con lo que se puede esperar para la región (Gentry, 1957, Shelford, 1963; Miranda y Hernández, 1964; Rzedowski, 1978; González-Elizondo, 1983). En la cuenca del río Mezquital, que es la porción con menor altitud, se encuentran las comunidades termófilas (grupo 1). Conforme se gana altitud la vegetación se transfoma en matorrales xerófilos y pastizales, que son los que dominan en los valles intermontanos (grupo 2). Los bosques de pino y encino se presentan en las partes altas (grupos 2 y 4), con su variante más húmeda principalmente en la Sierra de Urica (al noreste de la región). Ambos métodos de análisis identifican esencialmente el mismo patrón de

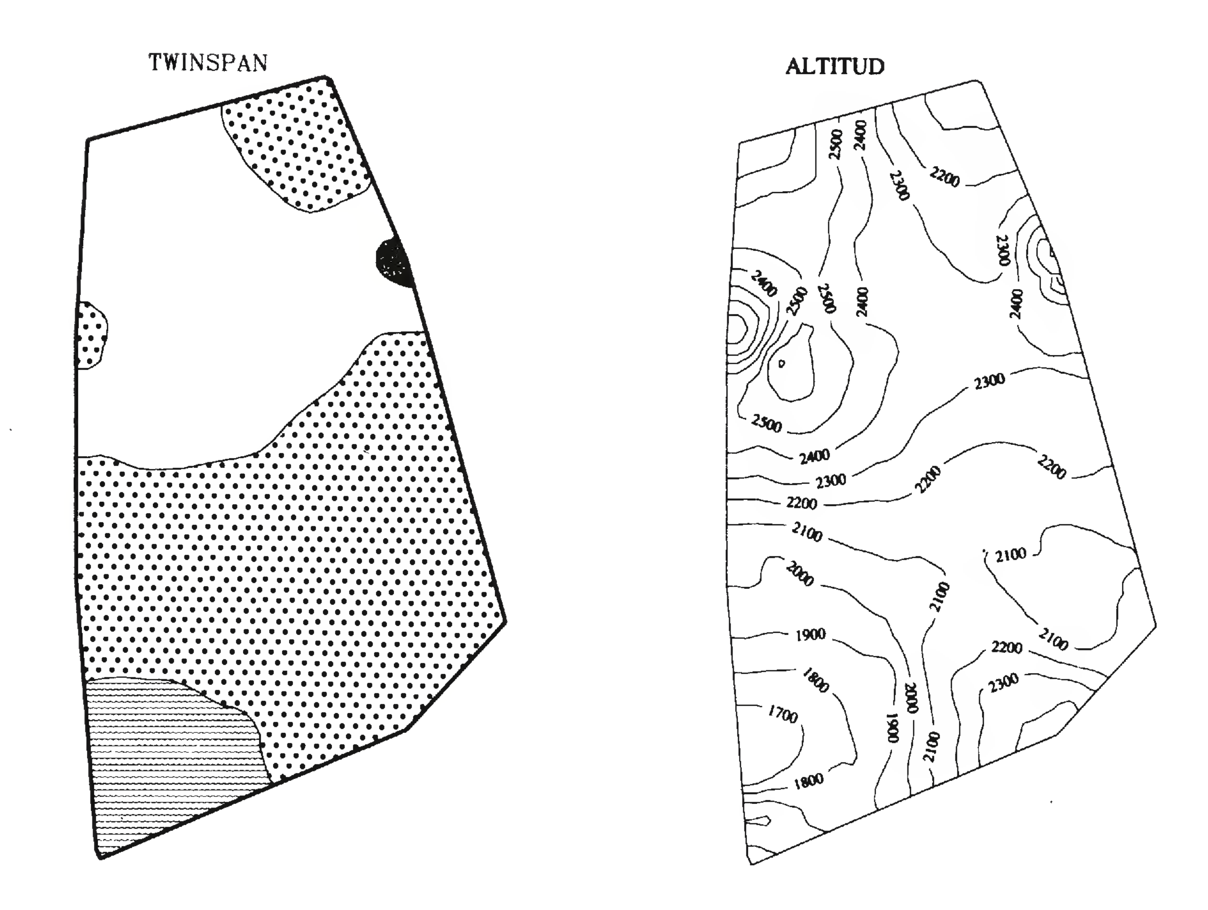


Fig. 2. En el mapa producido con base en la clasificación de TWINSPAN los grupos están indicados como sigue: 1) líneas onduladas, 2) punteado, 3) en blanco y 4) sombreado irregular. El mapa altimétrico se produjo con base en los datos de altitud registrados para cada una de las muestras.

comunidades vegetales. No obstante, la clasificación difusa permite visualizar la forma como varía la vegetación de acuerdo con los gradientes ambientales, muestra que dentro de cada grupo hay heterogeneidad y da oportunidad de analizar los patrones de traslape o mezcla entre comunidades. Todos estos aspectos se pierden en una clasificación dura.

Un ejemplo interesante que ilustra claramente las ventajas del enfoque de conjuntos difusos, es la distribución de los bosques semihúmedos de encino y pino (grupo 4). Puede verse fácilmente en el mapa correspondiente, que los valores de afiliación disminuyen más lentamente sobre las laderas sudoccidentales que sobre las nororientales, en la Sierra de Urica. Esto se puede explicar si se considera que las laderas sudorientales deben ser más húmedas, puesto que reciben los vientos cargados de humedad que vienen del Pacífico y que la Sierra de Urica es un obstáculo orográfico importante que puede provocar que ocurra condensación. Esto mismo produce una "sombra pluvial" en las laderas de la vertiente opuesta, por lo que rápidamente cambian las condiciones ambientales propicias para el bosque subhúmedo de encino y pino (de hecho la vegetación se convierte

rápidamente en matorrales xerófilos en esta dirección), lo que claramente se ve reflejado en los valores de afiliación.

En cierta forma la clasificación difusa tal como se aplicó en este trabajo reúne características tanto de ordenación como de clasificación, pero sobre todo extiende las posibilidades del análisis de gradientes convencional. Las técnicas de ordenación están orientadas preferentemente a la identificación de 'ejes' sobre los que la vegetación muestra mayor variación, lo que frecuentemente permite reexpresar la muestra en términos de un número reducido de variables compuestas. Estos ejes son técnicamente infinitos en longitud, pero obviamente, para fines prácticos, interesa solamente la región o regiones ocupadas por la muestra, por lo que el siguiente paso es identificar los patrones que pueden seguir subconjuntos de la muestra sobre esas nuevas variables. Una forma de abordar esto es localizar "centros de masa", lo que da cabida a la aplicación de técnicas de clasificación. Los métodos basados en conjuntos difusos son particularmente útiles en este sentido, debido a la importancia que tiene conservar la información relativa a los cambios de la vegetación en respuesta a los gradientes ambientales. Los resultados de este trabajo apoyan este punto de vista y sugieren que el método de *k*-medias difuso puede ser útil para el análisis de la vegetación.

Como se puede apreciar claramente en los resultados del análisis de la vegetación de la Michilía, el uso de conjuntos difusos permite concebir comunidades dentro de la noción de gradientes ambientales y la existencia de gradientes dentro de cada comunidad. Estos últimos, además, pueden ser distintos para cada una, en correspondencia con la riqueza de formas que la vegetación muestra en la realidad. Lo anterior permite pensar que las comunidades pueden formarse como respuesta independiente a los diferentes gradientes ambientales. El análisis de la asociacion de las variables de afiliación con variables externas brinda la oportunidad de obtener información acerca de los factores que influyen sobre la estructura de las comunidades y la ecología de las especies que las constituyen. Esta información puede ser más detallada que la que se obtiene con las técnicas tradicionales de clasificación. Tal forma de representar (modelar) las comunidades ecológicas es útil y ofrece amplias posibilidades de desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

El artículo es una versión revisada de una parte de mi tesis de maestría presentada en la Universidad de York, mientras recibía el apoyo económico del CONACYT y del British Council (1987- 1988). Al Dr. M.B. Usher mi agradecimiento por su apoyo y orientación durante el desarrollo de este proyecto. Los datos de la vegetación de La Michilía empleados para ilustrar este trabajo se tomaron del muestreo diseñado por el Dr. M.P. Austin durante su visita a México en 1984, con autorización del mismo; junto con él colaboramos en el trabajo de campo la Biól. J. Becerra, Biól. A. Carrillo, M. en C. M. Equihua, Dr. E. Ezcurra y Biól. J. López-Portillo. A la Biól. G. Benítez agradezco la lectura crítica del manuscrito y sus sugerencias para mejorarlo.

LITERATURA CITADA

Austin, M.P. 1985. Continuum concept, ordination methods, and niche theory. Ann. Rev. Ecol. Syst. 16:39-61.

Austin, M.P., R.B. Cunningham y P.M. Fleming. 1984. New approaches to direct gradient analysis using environmental scalars and statistical curve-fitting procedures. Vegetatio 55: 11-27.

Austin, M.P., J. Becerra, A. Carrillo, M. Equihua, E. Ezcurra y J. López-Portillo. 1984. Análisis de la respuesta funcional de especies arbóreas y arbustivas en la Reserva de la Biosfera de la Michilía, Dgo. y áreas aledañas, mediante el uso de métodos de análisis directo de gradientes. Resúmenes IX Congreso Mexicano de Botánica. México, D.F. p. 150.

Bezdek, J.C. 1974. Numerical taxonomy with fuzzy sets. J. Math. Biol. 1: 57-71.

Bezdek, J.C. 1981. Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms. Plenum Press. New York. 256 pp.

Bezdek, J.C. 1987. Some non-standard clustering algorithms. In: Legendre P. and Legendre L. (eds.). Developments in numerical ecology (NATO ASI Series Vol. G14). Springer-Verlag. Berlin, pp: 225-287.

Bezdek, J.C., C. Coray, R. Gunderson y J. Watson. 1981a. Detection and characterization of cluster substructure: I. Linear structure: Fuzzy c-lines. SIAM J. Appl. Math. 40: 339-357.

Bezdek, J.C., C. Coray, R. Gunderson y J. Watson. 1981b. Detection and characterization of cluster substructure: II. Fuzzy c-varieties and convex combinations thereof. SIAM J. Appl. Math. 40: 358-372.

Bosserman, R.W. y R.K. Ragade. 1982. Ecosystems analysis using fuzzy set theory. Ecol. Model. 16: 191-208.

Dayong, Z. 1988. An index to measure the strength of relationship between community and site. Ecol. Model., 40: 145-153.

Dunn, J.C. 1974. A fuzzy relative of the ISODATA process and its use in detecting compact, well separated clusters. J. Cybern. 3: 32-57.

Equihua, M. 1990. Fuzzy clustering of ecological data. J. Ecol., 78: 519-534.

García, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2a. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 246 pp.

Gauch, H.G. 1982. Noise reduction by eigenvector ordinations. Ecology 63(6):1643-1649.

Gentry, H.S. 1957. Los pastizales de Durango, estudio ecológico, fisiográfico y florístico. Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D.F. 361 pp.

Gillison, A.M. y K.R.W. Brewer. 1985. The use of gradient directed transect or gradsects in natural resource surveys. J. Environ. Manag. 20: 103-127.

González-Elizondo, S. 1983. La vegetación de Durango, CIIDIR-IPN-Unidad Durango (Cuadernos de Investigaciones Tecnológicas vol.1, no. 1), Vicente Guerrero, Dgo. 114 pp.

Gittins, R. 1985. Canonical analysis. (Biomathematics Vol. 12). Springer-Verlag. Berlín. 351 pp.

Hill, M.O. 1973. Reciprocal averaging: an eigenvector method of ordination. J. Ecol., 61: 237-249.

Hill, M.O. 1979. TWINSPAN-a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ecology and Systematics. Cornell University. Ithaca, New York. 90 pp.

Kauffmann, A. 1975. Introduction to the theory of fuzzy subsets. (Vol. I. Fundamental theoretical elements). Academic Press. New York. 416 pp.

Maysilles, J.H. 1959. Floral relationships of the pine forests of western Durango, Mexico. Tesis Doctoral. University of Michigan. Ann Arbor. 177 pp.

McBratney, A.B. y A.W. Moore. 1985. Application of fuzzy sets to climatic classification. Agric. For. Meteorol. 35: 165-185.

Miranda, F. y E. Hernández X. 1964. Fisiografía y vegetación In: Beltrán, E. (ed.). Recursos naturales de las zonas áridas del centro y noreste de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México D.F. pp. 1-27.

Roberts, D. W. 1986. Ordination on the basis of fuzzy set theory. Vegetatio 66: 123-131.
Roughgarden, J. y J. Diamond. 1986. Overview: The role of species interactions in community ecology. In: Diamond, J. and T. J., Case (eds.). Community ecology. Harper and Row. New York. pp.333-343.
Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D.F. 432 pp.
Shelford, V.E. 1963. The ecology of North America. University of Illinois Press. Urbana. 610 pp.
Whittaker, R.H. 1975. Communities and ecosystems. 2a. Ed. MacMillan. New York. 162 pp.

Acta Botánica Mexicana (1991), 15:17-22

DISPERSION DEL PIRU (*SCHINUS MOLLE* L., ANACARDIACEAE) POR AVES EN TEOTIHUACAN, MEXICO

LEA CORKIDI

Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de
México, Apartado Postal 70-275
Coyoacán 04510, México, D. F., México

SONIA CACHO

Isla 17, Las Aguilas, México D. F.
01710, México

ALBERTO BURQUEZ[1]

Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de
México, Apartado Postal 1354
Hermosillo, Sonora 83000, México

RESUMEN

Se estudia, en Teotihuacán, la ecología de la dispersión del pirú (*Schinus molle* L.), un árbol introducido a México a mediados del siglo XVI. En esta área, la única especie animal que consistentemente se observó comiendo sus frutos fue el ave *Bombycilla cedrorum*, aun cuando algunos de los pájaros mencionados en la literatura como dispersores se encontraban en la región. Pruebas de germinación indican que aquellos frutos que pasaron por el tracto digestivo de las aves, o aquellos en los que se removió el exocarpio, germinan más rapidamente y con mayor porcentaje que los frutos intactos. Al ser ingeridos y pasar por el tracto digestivo del ave pierden 8% de su contenido total de azúcares. El tiempo de paso por el tracto digestivo es de aproximadamente 25 min. Este lapso es más de 50 veces mayor que el tiempo de estancia de las aves en los árboles ($\bar{x}$= 27 seg). Se concluye que *Bombycilla* es uno de los dispersores más importantes del pirú en el área de Teotihuacán. Probablemente ha sido uno de los responsables de la rápida invasión del pirú en el Altiplano Central de México hace más de 400 años. Se discute la importancia de este árbol para estudios ecológicos y evolutivos pues se conoce bien la fecha de su introducción en diferentes lugares del mundo.

ABSTRACT

The dispersal ecology of the pepper tree (*Schinus molle* L.), introduced from Peru to Mexico in the sixteenth century, is studied in the surroundings of Teotihuacan, state of Mexico. Only the cedar waxwing (*Bombycilla cedrorum*) was consistently observed eating its fruits, despite of the presence in the study area, of many of the birds reported as dispersers. Germination tests show that the seeds eaten

[1] Correspondencia y peticiones de sobretiros deben hacerse a: Alberto Búrquez, Centro de Ecología, UNAM, Apartado Postal 1354, Hermosillo, Sonora 83000, México

by birds, or those in which the exocarp was removed, germinate faster and have a higher percentage germination. Fruits passing through the digestive tract of birds lose 8% of their total sugar content. The timing from ingestion to egestion was about 25 min. This interval is more than 50 times longer than the time the birds spend perching in the tree ($\bar{x}$= 27 sec). It is concluded that *Bombycilla* is one of the most important dispersal agents of *Schinus* in Teotihuacan. It probably played a major role in the rapid spread of *Schinus molle* in the Mexican Central Plateau more than 400 years ago. The importance of this tree for ecological and evolutionary studies is discussed as the dates of introduction to different places in the world are documented.

INTRODUCCION

La dispersión de las semillas del pirú (*Schinus molle* L., Anacardiaceae) por aves era bien conocida hace casi 200 años.

Ya en 1791 Alzate y Ramírez informa que, "El Escmo. Sr. D. Antonio de Mendoza, primer virrey de México, habiendo pasado el Perú para gobernar aquel reino, remitió á su estimada Nueva España una poca de semilla del molle, que aquí conocemos como árbol del Perú, pocas providencias logran mas felices utilidades: Si no fuese por los árboles del Perú, que tanto se han propagado en varios territorios, sus habitantes, á causa de haberse aniquilado los montes, ya no tendrian combustibles: ¿de qué material usarian los moradores de Zempoala, Otumba y de mucha parte del norte de México, si no se hubiesen propagado los árboles del Perú?

No se piense que estos árboles se siembran de intento: el viento, los pájaros, principalmente tzentzontles, los que nombran xilgueros y otros, son los que propagaron las siembras, porque estas aves engullen el fruto, y como la semilla no es digerible, la espelen intacta y así se comunica de país á país."

Testimonios de historia natural como el transcrito, indican que el pirú es dispersado por aves (Alzate y Ramírez, 1791; Jiménez, 1873; Herrera, 1896). En este trabajo aportamos evidencias sobre la dispersión por endozoocoria del pirú, un árbol que casi con toda seguridad, fue introducido en México durante, o poco después del virreinato de Don Antonio de Mendoza, de 1535 a 1550 (Bruman In: Kramer, 1961).

El pirú es un árbol dioico nativo del Perú (Braunton y Davy, 1914). Presenta una amplia distribución en el Altiplano Central de México (Alzate y Ramírez, 1791; Jiménez, 1873; Gómez, 1889-1890; Herrera, 1896; López y Parra, 1899; Braunton y Davy, 1914; Anaya y Gómez-Pompa, 1971). También se conoce como naturalizado en el sur de California (Nielsen y Muller, 1980) y existe como escape o planta ornamental en muchas localidades del mundo (Copeland, 1959; Kramer, 1961; Brizicky, 1962).

OBSERVACIONES DE HISTORIA NATURAL

Las observaciones de las aves que comen los frutos del pirú se realizaron en las cercanías de la zona arqueológica de Teotihuacán, donde este árbol es muy abundante. Se observaron los pájaros visitantes, su conducta y sus tiempos de estancia en los árboles al menos dos veces al mes desde diciembre 1982 hasta abril 1983. También se realizaron observaciones de laboratorio en aves cautivas del 30 de marzo al 3 de abril 1983.

Algunas especies de las familias Mimidae y Turdidae fueron reportadas por Alzate y Ramírez (1791) como dispersoras del pirú. Ridley (1930), a su vez, adjudicó esta función a diferentes tordos (Turdidae) como *Catharus* (*Hylocichla*) *ustulatus, Catharus* (*H.*) *guttatus, Sialia sialis, S. mexicana* y *Turdus* spp., y algunos pájaros carpinteros (Picidae). En nuestra zona de estudio se encontraron individuos de primavera (*Turdus migratorius*), cardenales (*Cardinalis* spp.), gorriones (*Passer domesticus*) y chinitos (*Bombycilla cedrorum*). Sin embargo, sólo los últimos se vieron ingiriendo sus frutos. Observaciones en distintas localidades de la cuenca de México indican que otras aves, principalmente primaveras (*Turdus migratorius*), también comen los frutos.

Se capturaron un macho y una hembra de *Bombycilla cedrorum* y se mantuvieron en cautiverio alimentándolos de plátano y frutos de *S. molle.* Se registró el tiempo en que ingerían un fruto y excretaban cada semilla. Se observaron en ambos individuos un total de 57 eventos de ingestión-excreción, repartidos en 2.5 horas durante las mañanas de 2 días. El tiempo promedio de retención de las semillas en el tracto digestivo de estas aves fue de 25.7 min y 23.5 min, respectivamente (± 2.9 y 0.5 min error estándar de la media; n = 27, n = 30). Este tiempo es de 52 a 57 veces mayor que el de la estancia de las aves en los árboles que en promedio es de 27 segundos (± 23 seg; Rango = 4-90 seg).

Estos resultados indican que *Bombycilla cedrorum* podría dispersar las semillas del pirú a distancias considerables, equivalentes a la visita de 50 árboles. Sin embargo, era necesario determinar la viabilidad de las semillas después de pasar por el tracto digestivo de las aves y los posibles cambios fisiológicos o estructurales que afectasen su germinación.

EXPERIMENTOS DE GERMINACION

Para responder estas preguntas se ideó un experimento de germinación con semillas frescas, maduras, colectadas directamente de los árboles. Las semillas se recogieron en abril y en septiembre de 1983. Inmediatamente se pusieron a germinar en cajas de Petri de 10 cm de diámetro con agar a 1% en agua destilada. Las cajas se mantuvieron a temperatura ambiental. En cada una se colocaron 20 semillas sujetas a los siguientes tratamientos: i) semillas con el exocarpio intacto (fruto completo), ii) semillas a las cuales se les removió el exocarpio, y iii) semillas que pasaron por el tracto digestivo de las aves. Cada tratamiento consistió de 5 réplicas de 20 semillas cada una.

Las pruebas se hicieron en dos épocas distintas; en la primavera (5 de abril-16 de mayo) y en el otoño (19 septiembre-30 de octubre) de 1983. En ambas fechas las semillas comenzaron a germinar después de un período de 5 a 10 días. Tanto las semillas ingeridas por aves como aquellas a las que se les removió el exocarpio germinan con mayor rapidez que las contenidas en frutos intactos (Fig. 1). La diferencia es notable a los 15 días después del inicio del experimento. Este patrón es estadísticamente indistinto en la primavera y otoño y las diferencias son sólo atribuibles a los efectos del tratamiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de variancia mostrando los efectos de la estación del año y del tratamiento de remoción del exocarpio, ingestión por aves y frutos intactos, en la germinación de las semillas de *Schinus molle*, 15 días después de la siembra en cajas de Petri. Los datos se basan en dos estaciones, tres tratamientos y 5 réplicas de 20 semillas por tratamiento.

	Fuente de Variación de F	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Probabilidad
Tratamiento	171.80	2	85.90	3.82	0.036
Estación del año	20.83	1	20.83	0.93	0.345
Interacción	4.87	2	2.43	0.11	0.898
Residual	539.20	24	22.47		
Total	736.70	29	25.40		

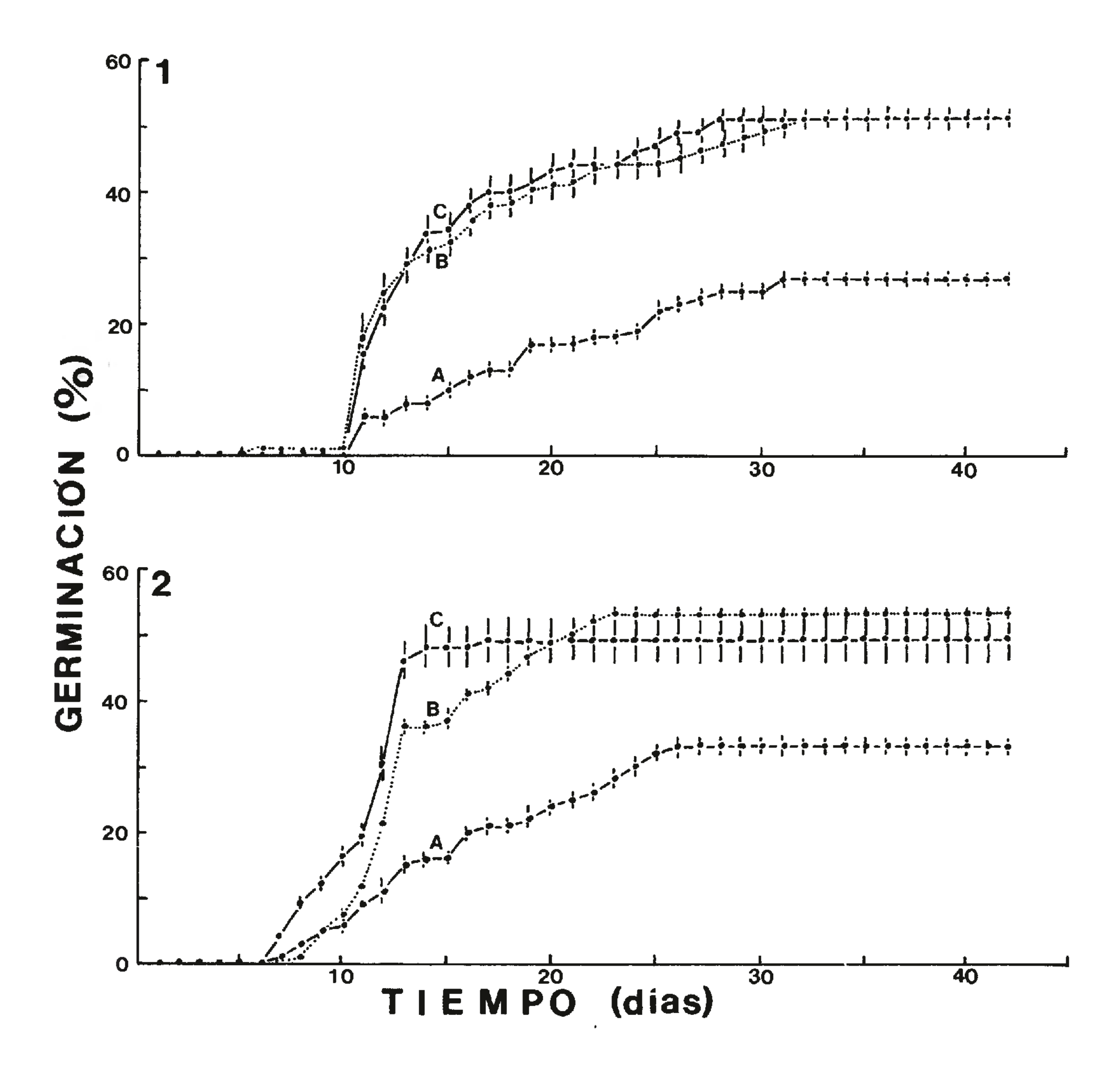


Fig. 1. Porcentaje de germinación acumulativa para semillas de *Schinus molle* sujetas a tres condiciones experimentales en la primavera (1) y otoño (2) de 1983. A = Semillas contenidas en un fruto intacto, B = Semillas provenientes de frutos con el exocarpio removido, C = Semillas ingeridas y excretadas por aves. El eje del tiempo indica el número de días desde que las semillas se pusieron a germinar en agar a 1%. Cada punto representa el valor promedio de 5 réplicas de 20 semillas cada una. Las barras verticales señalan un error estándar a cada lado de la media.

Las diferencias significativas entre los tres tratamientos indican que las semillas del pirú ganan en capacidad germinativa al pasar por el tracto digestivo de las aves respecto a los frutos con exocarpio. Este fenómeno es independiente de la época del año.

Bombycilla cedrorum, al comer los frutos en un árbol y llevarlos en su tracto digestivo por más de 25 min, puede acarrear las semillas a largas distancias antes de defecar. Al remover el exocarpio, ya sea por ingestión o al perforar el fruto y dejar caer la semilla, aumenta la probabilidad de germinación respecto a frutos intactos.

Es notable destacar que muchas de las aves conocidas como consumidoras de frutos del pirú, presentan hábitos migratorios. Ciertas especies migratorias muy móviles como *Bombycilla* podrían ser más importantes dispersores a larga distancia, y otras como *Turdus,* sólo dispersores de carácter local.

Al comer los frutos del pirú, *Bombycilla cedrorum* gana energía para completar su presupuesto energético diario. Un análisis bromatológico de los frutos en los tres tratamientos de germinación muestra que las aves remueven aproximadamente 8% de los carbohidratos presentes en el fruto (frutos intactos 47%, semillas sin exocarpio 49% y semillas ingeridas por aves 39% de carbohidratos de peso por peso total de la muestra).

A MANERA DE CONCLUSION

Ya que el Virrey de Mendoza fue transferido al Perú en 1550, y su muerte en Lima acaeció en 1552, es razonable suponer que las semillas que probablemente envió a México, fueron sembradas en una fecha cercana a la mitad del siglo XVI. La dispersión del pirú, con la indudable ayuda de las aves, debe haber ocurrido en forma muy parecida a las invasiones en tiempos recientes de plantas y animales exóticos a una región determinada. La dispersión en forma invasora de poblaciones de una especie debe reunir al menos dos características básicas: i) explotar porciones del nuevo ambiente por ausencia de los depredadores o los competidores que en la situación original se lo impedían, y ii) tener medios de dispersión tales que les permitan colonizar rápidamente estos hábitats. *Opuntia stricta* en Australia (Dodd, 1959) e *Hypericum perforatum* en el noroeste de los Estados Unidos de América (Huffaker, 1957) son algunos de los ejemplos extremos conocidos de la literatura.

El determinar cuales son los organismos que establecen relaciones simbiónticas con el pirú en su patria adoptiva (p. ej. el Altiplano Central) y en el Perú, nos permitirá analizar un caso de una invasión que podemos datar hace casi 450 años. No es extraño que, por ejemplo, el pirú tenga un alto potencial alelopático al ser expuesto a especies totalmente ajenas a su anterior entorno comunitario (Anaya y Gómez-Pompa, 1971). ¿Sucede esto en su área de distribución original? ¿Existe algún herbívoro o polinizador que haya hecho el viaje sin la ayuda del Virrey? ¿Son en México sus polinizadores y herbívoros, organismos especialistas, o más bien un grupo aleatorio de especies?

Han pasado ya casi 450 años desde la introducción del pirú en México. Poco después de su arribo a la Nueva España adquiere los nombres "Pelonquáhuitl" -árbol del Perú- y "Copalcoahuitl" -árbol del copal- (Oliva, 1854, pág. 314; Herrera, 1896). Este árbol ingresa como un elemento importante del paisaje en el Altiplano Central (ver por ejemplo la obra pictórica de José María Velasco). Es natural pues, que *Bombycilla cedrorum*

comunmente llamado "chinito" por su apariencia, haya también ingresado al lenguaje popular como "pirulero" o "capulextlero" donde "capulextle" es otro de los nombres náhuatl del pirú.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de Deborah Stein, Luis Eguiarte y Carlos Martínez del Río quienes enriquecieron diferentes etapas del trabajo. Agradecemos (L. C. y S. C.) la asesoría de Martha Pérez García de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. El análisis bromatológico fue amablemente realizado por personal del Instituto Nacional de Nutrición.

LITERATURA CITADA

Alzate y Ramírez, J. A. 1791. Utilidad de los árboles del Perú. Gaceta de Literatura de México 2: 145-146.

Anaya, A. L. y A. Gómez-Pompa. 1971.Inhibición del crecimiento producido por el "pirú" (*Schinus molle* L.). Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 32: 99-109.

Braunton, E. y J. B. Davy. 1914. *Schinus*. In: Bailey, L. H. (ed.). Standard Encyclopedia of Horticulture 6: 3108-3109.

Brizicky, G. C. 1962. The genera of Anacardiaceae in the Southeastern United States. Journal of the Arnold Arboretum 43(4): 359-375.

Copeland, H. F. 1959. The reproductive structures of *Schinus molle* (Anacardiaceae). Madroño 15: 14-25.

Dodd, A. P. 1959. The biological control of prickly pear in Australia. In: Biogeography and ecology in Australia. Monographiae Biologicae 8: 565-577. Dr. W. Junk. The Hague.

Gómez, J. M. 1889-1890. El árbol del Perú. Revista Agrícola (México) 5: 34-35.

Herrera, A. 1896. El árbol del Perú. El Día 1: 107.

Huffaker, C. B. 1957. Fundamentals of biological control of weeds. Hilgardia 27:101-157.

Jiménez, M. 1873. El árbol del Perú. La Naturaleza 2: 217-222.

Kramer, F. L. 1961. The pepper tree *Schinus molle* L. Economic Botany 11(4): 322-326.

López y Parra, R. 1899. El árbol del Perú. Boletín de la Sociedad Agrícola Mexicana (México) 23: 401-403.

Nielsen, E. T. y W. H. Muller. 1980. A comparison of the relative naturalizing ability of two *Schinus* species (Anacardiaceae) in southern California. II. Seedling establishment. Bulletin of the Torrey Botanical Club 107: 232-237.

Oliva, L. 1854. Lecciones de Farmacología. Universidad de Guadalajara. Guadalajara. 2 vols.

Ridley, H. N. 1930. The dispersal of plants throughout the world. L. Reeve & Co. Kent, England. 744 pp.

Acta Botánica Mexicana (1991), 15:23-27

NISSOLIA GENTRYI (LEGUMINOSAE, PAPILIONOIDEAE), A NEW SPECIES FROM SONORA AND SINALOA, MEXICO

Velva E. Rudd

Department of Biology
California State University,
Northridge, CA 91330, U.S.A.

Department of Botany
Smithsonian Institution
Washington, D.C. 20560, U.S.A.

ABSTRACT

A new species, *Nissolia gentryi*, from the states of Sonora and Sinaloa, Mexico is described. It appears to be related to *N. platycarpa* Benth. from eastern México and *N. chiapensis* Rudd from the states of Oaxaca and Chiapas.

RESUMEN

Se describe *Nissolia gentryi* sp. n. de los estados mexicanos de Sonora y Sinaloa. La especie parece tener afinidad con *N. platycarpa* Benth. de la parte oriental de México y con *N. chiapensis* Rudd de los estados de Oaxaca y Chiapas.

Some years ago when a revision of the genus *Nissolia* was published (Rudd, 1956), I had some reservations about including collections from Sonora and Sinaloa in *Nissolia platycarpa* Benth., a species otherwise known from farther east in México. After further consideration I have decided to recognize the westernmost specimens as representing a new species, *N. gentryi*, named in honor of Howard Scott Gentry, intrepid botanical explorer and collector.

With the exception of *N. fruticosa* Jacq., which extends from Sinaloa, México southward to Paraguay and Argentina, the dozen or so remaining species of the genus are known from relatively limited ranges in México and bordering Arizona and Texas. The distributional success of *N. fruticosa* may be due to its somewhat woody stems and the ability to climb high on trees. The winged fruits can thus be readily disseminated by the wind. The other species are herbaceous to suffrutescent, prostrate to climbing but more limited in height, with less extensive dispersal.

In most cases the differences between species of *Nissolia* are subtle, enhanced by geographic separation. The two species, *N. platycarpa* and *N. gentryi*, occur on opposite sides of the Sierra Madre Occidental, and a third somewhat similar species, *N. chiapensis* (Rudd, 1975) known from Oaxaca and Chiapas, is separated from them by the transverse

volcanic zone of central México (Fig. 1). The three species all have white-pubescent twining stems, fasciculate inflorescences, yellowish flowers 8-12 mm long, pubescent calyces usually beset with a few glandular setae, and fruit similarly pubescent and setose. Each species, however, exhibits characters, or combinations of characters, that differentiate it, as indicated in the following key.

1. Inflorescences (1-)2-5(-8)-flowered; flowers (8-)9-12 mm long on pedicels about 4-15 mm long.
    2. Stems pubescent with appressed or subappressed hairs; inflorescences (1-)2-5(-8)-flowered; flowers 9-10 mm long on pedicels (5-)8-10(-15) mm long; calyx 3-5 mm long with tube 2-3 mm long, 2 mm in diameter, the teeth 1-2 mm long; fruit crisp-pubescent and glandular-setose, (1-)2-4-seeded, constricted between the seeds and articulated, the stipe 1.5 mm long; leaflets elliptic, glabrous or subglabrous above, glabrous to subappressed-pubescent beneath (Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, San Luis Potosí, Hidalgo, Veracruz, Puebla).. *N. platycarpa*
    2. Stems pubescent with spreading, lax, or crispate hairs; inflorescences 2-4-flowered; flowers (8-)10-12 mm long on pedicels 4-7 mm long; calyx 6-8 mm long with tube 3-4 mm long, 3-3.5 mm in diameter, the teeth 2-4 mm long; fruit crisp-pubescent and setose, 1-seeded, not articulated, sessile; leaflets elliptic to ovate, sparsely to moderately pubescent with lax hairs above, moderately to densely pubescent beneath (Sonora, Sinaloa).. *N. gentryi*

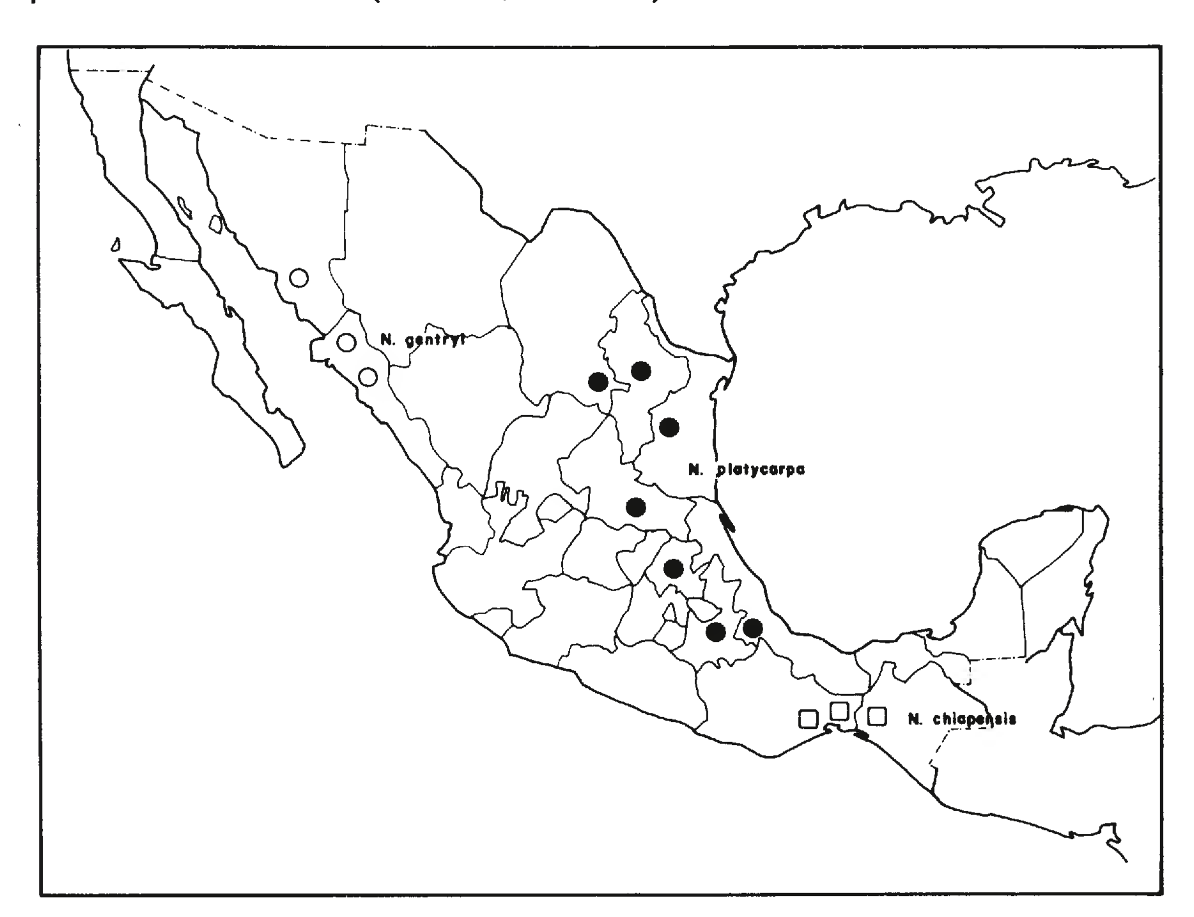


Fig. 1. Geographic distribution of *Nissolia gentryi* Rudd, *N. platycarpa* Bentham and *N. chiapensis* Rudd.



Fig. 2. *Nissolia gentryi* Rudd. Holotype showing flowers and fruit.

1. Inflorescences about 10-20-flowered; flowers 10 mm long on pedicels 1-3 mm long; calyx 5-6 mm long with tube 2-3 mm in diameter, the teeth 3-4.5 mm long; fruit puberulent to velutinous and setose, 3-4-seeded, lightly constricted between the seeds, articulated, the stipe 2-3 mm long; leaflets ovate to elliptic, puberulent above, sometimes glabrescent, the lower surface tomentulose when young, puberulent with age (Oaxaca, Chiapas)..*N. chiapensis*

Nissolia gentryi Rudd, sp. nov. (Fig. 2)

Suffrutices volubiles, ramis pubescentibus pilis albidis patentibus, laxis, vel crispis. Folia 5-foliolata. Foliola elliptica usque ad ovata, supra pilis laxis sparsis, subtus pilis laxis sparsis vel densis vestita. Inflorescentiae axillares, fasciculatae, fere 2-4-florae, pedicellis 4-7 mm longis. Flores 8-12 mm longi; calyx campanulatus, 6-8 mm longus, tubo 3-4 mm longo, patenti-pubescenti nonnumquam glanduli-setoso, dentibus ligulatis 2-4 mm longis; petala lutea, vexillo reflexo, extas pubescenti. Fructus totus 1.5-2.5 cm longus, sessilis, 1-spermus, non articulatus, pubens atque aliquandum setosus, ala apice obtusa.

Suffrutescent twining vines; stems white-pubescent with spreading, lax, or crispate hairs. Stipules ovate to lanceate, attenuate, slightly laciniate, glandular-denticulate, (2-)4-6 mm long, 0.5-1.2 mm wide. Leaves 5-foliolate, 3-8 cm long including petiole 2-4 cm long. Leaflets elliptic to ovate, 1-2 cm long, 0.7-2 cm wide, obtuse to subacute at apex, briefly apiculate, the base rounded to subcordate, sparsely to moderately pubescent with lax hairs to glabrous above, moderately to densely pubescent with lax hairs beneath. Inflorescences axillary, fasciculate, 2-4-flowered; pedicels 4-7 mm long, pubescent with spreading hairs and sometimes with glandular setae; bracts stipule-like but usually smaller, to 4 mm long; bracteoles lacking. Flowers 8-12 mm long; calyx 6-8 mm long, pubescent with white spreading hairs and sometimes with yellow, broad-based glandular setae, the tube 3-4 mm long, 3-3.5 mm in diameter, the teeth ligulate, subequal, 2-4 mm long; petals yellow, the vexillum reflexed, pubescent on the outer face. Fruit 1.5-2.5 cm long, sessile, 1-seeded, not articulated, pubescent with short, lax hairs and a few glandular setae, the wing 1.5 cm long, 0.8-1 cm wide, rounded at the apex, the basal, fertile portion 1 cm long, 0.5 cm wide, usually 3-costate.

Type: México. Sinaloa, "Capadero, Sierra Tacuichamona, rocky canyon slope under Short-tree forest, 2500 ft., perennial twiner, corolla yellow, calyx red-tinged", 14 February 1940, *H. S. Gentry 5627* (holotype DS; isotypes GH, M, NA, NY, POM). Specimens in flower and fruit.

Other specimens studied: México, Sonora, "Canyon Guadalupe, Sierra Chiribo, Rio Mayo: Lower Sonoran Canyon, milpa, a vine on low dry bushes and slashings, 6 March 1935, *H. S. Gentry 1382* (GH, MEXU, NY, POM, UC, WIS). Specimens in flower. Sinaloa, vicinity of Culiacán, Cofradía, 29 October 1904, *T. S. Brandegee s.n.* (UC, US). Specimens in flower and fruit. "Cuesta de Rata Moza, moist swale at foot of oaks, 2000 ft., twining vine with yellow flowers", 19 January 1940, *H. S. Gentry 5388* (DS, GH, NA, NY). Specimen in flower.

In addition, Dr. Alfonso Delgado S. suggests that the collections *H. S. Gentry 14313* (MEXU) from "Cerros de Navachiste about Bahía Topolobampo", Sinaloa, and *J. M. Aguilar et al. 117* (MEXU). From "9 km al E de Concordia, carr. Mazatlán-Dgo.", Sinaloa, might also be referable to *N. gentryi*.

ACKNOWLEDGMENTS

I am indebted to Dr. Alva Day and Mr. Walter Knight for their kindness in photographing the holotype specimen of the Dudley Herbarium at the California Academy of Sciences in San Francisco, California and to Dr. Alfonso Delgado S. (at MEXU) for his helpful comments.

LITERATURE CITED

Rudd, V. E. 1956. A revision of the genus *Nissolia*. Contr. U. S. Natl. Herb. 32: 173-206.

Rudd, V. E. 1975. *Nissolia chiapensis*, a new species of Leguminosae from México. Phytologia 31: 427-430.

Acta Botánica Mexicana (1991), 15:29-46

LAS HELIANTHEAE ENDEMICAS A MEXICO: UNA GUIA HACIA LA CONSERVACION

JOSE LUIS VILLASEÑOR

Rancho Santa Ana Botanic Garden
1500 North College Avenue
Claremont, Califomia 91711, U.S.A.

Dirección actual:
Instituto de Biología, U.N.A.M.
Departamento de Botánica
Apartado Postal 70-367
04510 México, D.F. México

RESUMEN

México es el principal centro de diversificación de la tribu Heliantheae (Asteraceae). Estimaciones recientes indican la existencia de unas 1,150 especies de Heliantheae en el país, 740 de ellas endémicas. El análisis de la distribución geográfica de esas especies endémicas revela la existencia de zonas con gran concentración de especies, las cuales deberían ser consideradas como posibles áreas naturales protegidas en el futuro. De este análisis se destaca igualmente la importancia que tiene el elemento endémico en los programas de conservación de la riqueza biótica.

ABSTRACT

Mexico is the most important center of diversification of the tribe Heliantheae (Asteraceae). Recent estimates indicate the occurrence of about 1,150 species of Heliantheae in Mexico, 740 of them being endemic. Analysis of range distribution of such endemic species shows the existence of areas with large concentration of species, which should be considered when setting aside future natural protected areas. This analysis also points out the role played by endemism in the programs tending toward conservation of biotic richness.

INTRODUCCION

Las Asteraceae son tal vez desde el punto de vista florístico y taxonómico, una de las familias mejor estudiadas de la flora de México el día de hoy (Cabrera-Rodríguez y Villaseñor, 1987). Sin embargo, la información está dispersa en más de 200 trabajos publicados, situación que hace difícil apreciar el grado de conocimiento que tenemos de la familia en México. Hay que agregar, sin embargo, que los descubrimientos de taxa nuevos, resultado de la exploración de áreas poco más remotas de México, hacen necesaria la continua reevaluación de muchos estudios taxonómicos previamente publicados. De esta manera, con lo que se sabe hoy, es posible adicionar y complementar la información proporcionada por Rzedowski hace casi dos décadas (Rzedowski, 1972), y describir de una manera general los patrones de distribución de las Asteraceae

mexicanas, en particular de las de área restringida. Un primer acercamiento hacia este objetivo es el análisis de la distribución de sus géneros endémicos a México (Villaseñor, 1990).

Aunque lejos de ser completo, el conocimiento florístico y taxonómico que se tiene de la familia en México puede ayudar a reconocer posibles centros de concentración de sus endemismos. Estos centros podrán ser comparados posteriormente con la información proveniente de otros grupos taxonómicos, y así identificar áreas ricas en taxa de distribución restringida que hasta ahora no han sido indicadas en ningún trabajo. La información así obtenida será de gran ayuda en los programas de conservación de la enorme riqueza de tales taxa con que cuenta México.

Margules y Nichols (1988) señalan la importancia de detectar áreas con máxima diversidad biológica. Una vez ubicadas, la conservación de la vegetación de un mínimo número de dichas zonas ayudaría a preservar la mayor proporción de especies de una región, y el apoyo para su conservación sería más fácil de obtener. El objetivo de este trabajo es identificar algunas de las principales áreas de concentración de especies de la tribu Heliantheae (Asteraceae) endémicas a México que sirvan, en un futuro próximo, como auxiliares en una determinación más rigurosa de las áreas a ser consideradas para su conservación.

LA CONSERVACION Y SU IMPORTANCIA PARA MEXICO

Durante mucho tiempo el principal propósito de la conservación de la vida silvestre ha sido la protección de la biodiversidad, ya sea la riqueza de especies o la diversidad de habitats (Margules y Usher, 1981). De menor importancia ha sido la preservación de los taxa raros (por ejemplo endemismos).

Entre los motivos que han impulsado o han sido la norma para salvar a la vida silvestre, podemos citar a las amenazas impuestas por las presiones humanas, la fragilidad ecológica, los propósitos políticos, etc. Sólo es hasta fechas recientes cuando se señala la preservación de la rareza como una de las más importantes metas de la conservación. De esta manera, Soule (1986) afirma: "conservation biology is the biology of scarcity", sea esta escasez genética, escasez de ecosistemas, de habitats, de especies o de poblaciones.

Los trabajos florísticos juegan un papel muy importante en las decisiones sobre conservación. Ellos nos proporcionan la información básica para estimar la riqueza de una región particular, a la vez que constituyen fuente de información para los estudios ecológicos tendientes a determinar la diversidad de habitats. Las contribuciones al conocimiento de la flora son igualmente útiles para establecer relaciones históricas y biogeográficas, y para discriminar los taxa ampliamente distribuidos de aquellos de repartición geográfica restringida. En consecuencia, uno de los requisitos básicos para implementar adecuados y eficientes programas de conservación, es la identificación de la riqueza en especies de una región.

Gentry (1986) considera el nivel de endemismo de una región como un importante criterio en la planeación y decisión de los programas de conservación. Además caracteriza áreas en particular, por lo que taxa con distribución localizada o restringida, han sido utilizados de manera efectiva y consistente para definir las regiones biogeográficas. De este modo, Takhtajan (1986) en un plano mundial, y Rzedowski (1978) a nivel nacional,

pusieron mucho énfasis en los taxa endémicos para trazar los límites de sus regiones o provincias florísticas. En consecuencia, la información referente al endemismo en una región particular es de gran importancia desde varios puntos de vista. Especialmente para la conservación, el conocimiento de las especies y géneros de área restringida ayudaría a decidir cuántas reservas serían necesarias para proteger toda o casi toda la diversidad florística de una región de manera más efectiva (Gentry, 1986). Por otra parte, los endemismos muchas veces están constituídos por pequeñas poblaciones, las cuales son más vulnerables a las perturbaciones del habitat, especialmente aquellas causadas por las actividades humanas.

A nivel mundial México es considerado entre los seis países con la mayor riqueza biológica (Mittermeier, 1988). Esta biodiversidad es el resultado de factores concomitantes, tanto bióticos como abióticos (Toledo, 1988). México tiene también una notable riqueza en tipos de vegetación, donde un gran número de géneros y especies de plantas y animales encuentran su habitat natural. Estimaciones recientes (Flores y Gerez, 1988; Toledo, 1988) señalan el alto grado de endemismo existente en México. Es interesante notar que porcentajes relativamente altos y más o menos similares en el país han sido encontrados en grupos distintos. Así, por ejemplo, datos proporcionados para vertebrados (Flores y Gerez, 1988; Toledo, 1988) señalan proporciones de más de 50% de especies de área restringida a México para anfibios (61%) y reptiles (51%); para el caso de plantas, tenemos que alrededor de 50% de las especies de Malvaceae encontradas en México son de este carácter (Fryxell, 1988), al igual que 52% de las especies de Leguminosae (Sousa y Delgado, en prensa) y 50% o más de las Asteraceae (Villaseñor, datos no publicados). Alrededor de 64% de las Heliantheae son endémicas al territorio nacional.

EL SISTEMA DE PARQUES NACIONALES DE MEXICO Y SU RELACION CON LA DIVERSIDAD BIOLOGICA Y LA CONSERVACION

Los parques nacionales son áreas protegidas con el propósito principal de la conservación de la vida silvestre y la recreación. Aunque el sistema de estos parques fue concebido siguiendo tales criterios, la creación, definición, desarrollo y protección de cada uno de ellos ha sido más bien deficiente y caótica (Vargas, 1984). Algunos sirven como áreas de recreación, pero ninguno o muy pocos están realmente involucrados en los aspectos de conservación. También existen otras áreas equivalentes en México, por ejemplo las reservas naturales, las de la biósfera, los refugios de la vida silvestre, etc., pero en contados casos ellas son diferentes de nuestros parques nacionales, e igualmente se encuentran en situaciones caóticas y sin programas definidos de conservación.

Es difícil saber con precisión cuantos parques nacionales y otras áreas naturales protegidas hay en México. Las dependencias gubernamentales en ocasiones manejan números distintos, e inclusive publicaciones recientes no aclaran satisfactoriamente esta cuestión (cf. Vargas, 1984; Flores y Gerez, 1988). De acuerdo con Flores y Gerez (1988), en México hay 105 áreas naturales protegidas oficialmente, y 27 más han sido propuestas. En muchas de estas áreas se llevan a cabo actividades que afectan su estabilidad natural, entre las que se cuentan la explotación irracional de los bosques, las actividades agrícolas, la extracción de recursos tales como suelo, agua o rocas, la caza, la pesca, etc. Lo anterior llevó a Vargas (1984) a aseverar que en México no existe un solo parque nacional donde

el principio de la no explotación de los recursos naturales sea observado. Entre otras causas que Vargas (1984) considera como responsables de que México no tenga un buen sistema de parques nacionales, están la sobrepoblación, la mala o escasa vigilancia, la carencia de presupuesto para su administración, los aspectos legales relacionados con la tenencia de la tierra y los cambios de políticas sexenales.

En algunos otros lugares se han establecido áreas de recreación, zonas de protección y reserva por sus recursos acuíferos, los cuales proveen de este recurso a los asentamientos humanos o a los complejos industriales, o para evitar deslizamientos o derrumbes en áreas de peligro potencial, etc. Sin embargo, muy pocas de estas áreas han tenido, desde su fundación, el propósito implícito de protección, principalmente de la fauna (Vargas, 1984).

La superficie total ocupada por el sistema de parques nacionales y otras áreas protegidas de México es de alrededor de tres millones de hectáreas (Flores y Gerez, 1988), más o menos 3% del territorio nacional. Sin embargo, como Vargas (1984) señala, la superficie real es mucho menor, además de que practicamente la mitad de los parques nacionales son de menos de 1,000 hectáreas, la superficie mínima recomendada por la UICN para tales áreas protegidas (Vargas, 1984; Flores y Gerez, 1988). Por otra parte, pocos estudios se han llevado a cabo en las áreas protegidas para estimar su riqueza biológica. En conclusión, es muy difícil en la actualidad establecer un programa de conservación en algún parque nacional en México. Por tal motivo, los parques nacionales y muchas otras áreas afines existentes, muy rara vez nos ayudarán en la aplicación de las estrategias requeridas para llevar a cabo acciones de preservación de la riqueza biológica o de especies amenazadas o en peligro de extinción. En consecuencia, nuevas áreas tendrán que proponerse para su protección, pero éstas tendrán que ser establecidas bajo otros principios, tal vez con bases más científicas. La defensa de la vida silvestre debe ser coherente con los programas de conservación, de recreación, y de educación, que no deben depender de políticas cambiantes, especialmente si nuestro interés es la salvaguardia a largo plazo (para las generaciones futuras). Algunas de esas probables áreas a protegerse en el futuro tendrán que considerar al elemento endémico, tan profusamente representado en México.

LAS ESPECIES DE HELIANTHEAE ENDEMICAS A MEXICO

La tribu Heliantheae es la más grande de la familia Asteraceae. La tribu es esencialmente americana, principalmente tropical o subtropical (Bentham, 1873), con la mayor concentración de géneros y especies en México. Estimaciones recientes indican la existencia en México de unos 165 géneros (Cabrera-Rodríguez y Villaseñor, 1987) y alrededor de 1150 especies (Villaseñor, datos no publicados). Por otra parte, estudios recientes revelan la presencia de 32 géneros (Villaseñor, 1990) y 740 especies (Villaseñor, datos no publicados) de Heliantheae estrictamente endémicos a México, es decir, sólo encontrados en el territorio nacional.

El número promedio de especies por género de Heliantheae es de alrededor de siete, aunque 62 géneros (37%) existentes en México son monotípicos o tienen sólo una especie representada en la flora nacional. El cuadro 1 enlista los géneros con 10 o más

especies en el país y el número de especies endémicas al territorio de la República con que cuenta cada uno de esos géneros. Es interesante notar que en 33 géneros se incluye 68% del total de las Heliantheae mexicanas, y 76% del endemismo para la tribu.

Cuadro 1. Géneros de Heliantheae con 10 o más especies en México.

Género	Total de especies	Especies en México	Especies endémicas a México
Verbesina L.	+150	135	111
Viguiera Kunth	+150	73	64
Bidens L.	+200	60	35
Perityle Benth.	50	36	28
Cosmos Cav.	34	34	28
Melampodium L.	35	33	17
Perymenium Schrad.	50	33	28
Dahlia Cav.	27	27	23
Ambrosia L.	+35	24	10
Tridax L.	+25	24	22
Zinnia L.	21	21	15
Montanoa Cerv.	25	20	12
Wedelia Jacq.	70	18	15
Coreopsis L.	+100	15	10
Flaveria Juss.	21	15	12
Lasianthaea DC.	15	15	13
Gaillardia Fougx.	30	14	5
Hemizonia DC.	+30	14	5
Flourensia DC.	31	13	11
Helianthus L.	70	13	4
Otopappus Benth.	15	13	8
Sabazia Cass.	14	13	12
Galinsoga Ruiz & Pav.	14	12	10
Simsia Pers.	18	12	6
Chaenactis DC.	40	11	1
Encelia Adans.	15	11	8
Guardiola Humb. & Bonpl.	11	11	10
Zexmenia Llave & Lex.	20	11	6
Chrysanthellum L. Rich.	10	10	7
Coreocarpus Benth.	11	10	10
Helenium L.	30	10	2
Parthenium L.	16	10	6
Tithonia Desf. ex Juss.	11	10	5

El cuadro 2 señala el número de especies del grupo en cuestión, cuya distribución se encuentra restringida a México, presentes en cada entidad estatal, y el número de especies endémicas que se conocen en la actualidad para cada estado. Del cuadro 2 se hace evidente que las porciones sur, oeste y noroeste de México son las áreas más ricas en endemismos. Rzedowski (1972) hizo alusión al hecho de que las Asteraceae

Cuadro 2. Número de especies de Heliantheae endémicas a México y su distribución en los estados.

Estado	Especies endémicas a México	Especies endémicas al estado
Aguascalientes	31	0
Baja California Norte	38	21
Baja California Sur	41	24
Campeche	1	0
Chiapas	52	17
Chihuahua	73	20
Coahuila	57	19
Colima	24	2
Distrito Federal	45	0
Durango	111	23
Guanajuato	45	1
Guerrero	115	28
Hidalgo	64	10
Jalisco	171	32
México	107	8
Michoacán	140	20
Morelos	52	7
Nayarit	83	8
Nuevo León	41	10
Oaxaca	125	32
Puebla	88	16
Querétaro	28	5
Quintana Roo	2	0
San Luis Potosí	74	12
Sinaloa	73	14
Sonora	46	12
Tabasco	4	0
Tamaulipas	36	6
Tlaxcala	7	0
Veracruz	50	10
Yucatán	4	2
Zacatecas	51	0
MEXICO	740	

incrementaban su riqueza de sureste a noroeste en México, y la riqueza de especies de área restringida sigue más o menos este mismo patrón.

Alrededor de 49% de estas especies presentan una distribución particularmente circunscrita; es decir, 359 especies, de un total de 740, son endémicas locales. Entre los estados con el mayor número de especies de Heliantheae de área restringida están Jalisco (32), Oaxaca (32), Guerrero (28), Baja California Sur (24), Durango (23), Baja California Norte (21) Chihuahua (20) y Michoacán (20).

CENTROS DE CONCENTRACION DE ENDEMISMOS EN MEXICO: ALGUNOS EJEMPLOS

Para ejemplificar los patrones locales de distribución de las especies de repartición restringida, y de esta forma detectar áreas con riqueza en tales elementos, se escogieron cuatro estados con gran proporción de Heliantheae endémicas: Baja California Sur, Chiapas, Coahuila y Jalisco. Los registros de localidades en cada estado fueron obtenidos de la literatura y del análisis de los ejemplares de herbario depositados en el Herbario Nacional del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (México) y en el herbario de Rancho Santa Ana Botanic Garden, en Claremont, California, Estados Unidos. De este modo, las áreas marcadas en las figuras 1, 2, 3 y 4, corresponden de una manera general a la distribución geográfica conocida de esas especies. Los números entre paréntesis después de cada nombre de planta enlistado, indican la región a la cual corresponden en la figura respectiva.

Baja California Sur (Fig. 1)

La flora de Baja California Sur ha sido estudiada por Shreve y Wiggins (1964) dentro del conjunto del Desierto Sonorense, y recientemente por Wiggins (1980) como parte de la península de Baja California. En consecuencia, esta flora se puede considerar entre las mejor estudiadas del país. Actualmente se conocen 24 especies de Heliantheae endémicas a Baja California Sur, de un total de 41 especies restringidas a México registradas para el estado:

Alvordia brandegeei Carter (15)
A. fruticosa Brandg. (14)
A. glomerata Brandg. var. *glomerata* (2, 5, 8, 9)
A. glomerata Brandg. var. *insularis* Carter (6, 7)
Amauria carterae Powell (8)
Ambrosia acuminata (Brandg.) Payne (4)
Bebbia atriplicifolia (Gray) Greene (5, 8, 10, 11, 14, 15)
Bidens amphicarpha Sherff (13)
B. nudata Brandg. (13)
Coreocarpus dissectus (Benth.) Blake (3, 6, 7, 8, 9)
C. involutus Greene (1)
Coulterella capitata Vasey & Rose (11)
Faxonia pusilla Brandg. (15)
Helianthus similis (Brandg.) Blake (15)
Heterosperma xantii Gray var. *xantii* (15)
H. xantii Gray var. *carterae* Sherff (13)
Melampodium sinuatum Brandg. (15)
Perityle crassifolia Brandg. var. *crassifolia* (15)
P. crassifolia Brandg. var. *robusta* (Rydb.) Everly (11, 12)
P. cuneata Brandg. var. *cuneata* (13)
P. cuneata Brandg. var. *marginata* (Rydb.) I. M. Johnst. (15)

P. lobata (Rydb.) I. M. Johnst. (5)
P. macromeres Blake (11)
Rumfordia connata Brandg. (15)
Sabazia purpusii Brandg. (15)
Verbesina erosa Brandg. (15)
V. pustulata M. E. Jones (13)
Viguiera tomentosa Gray (11, 15)

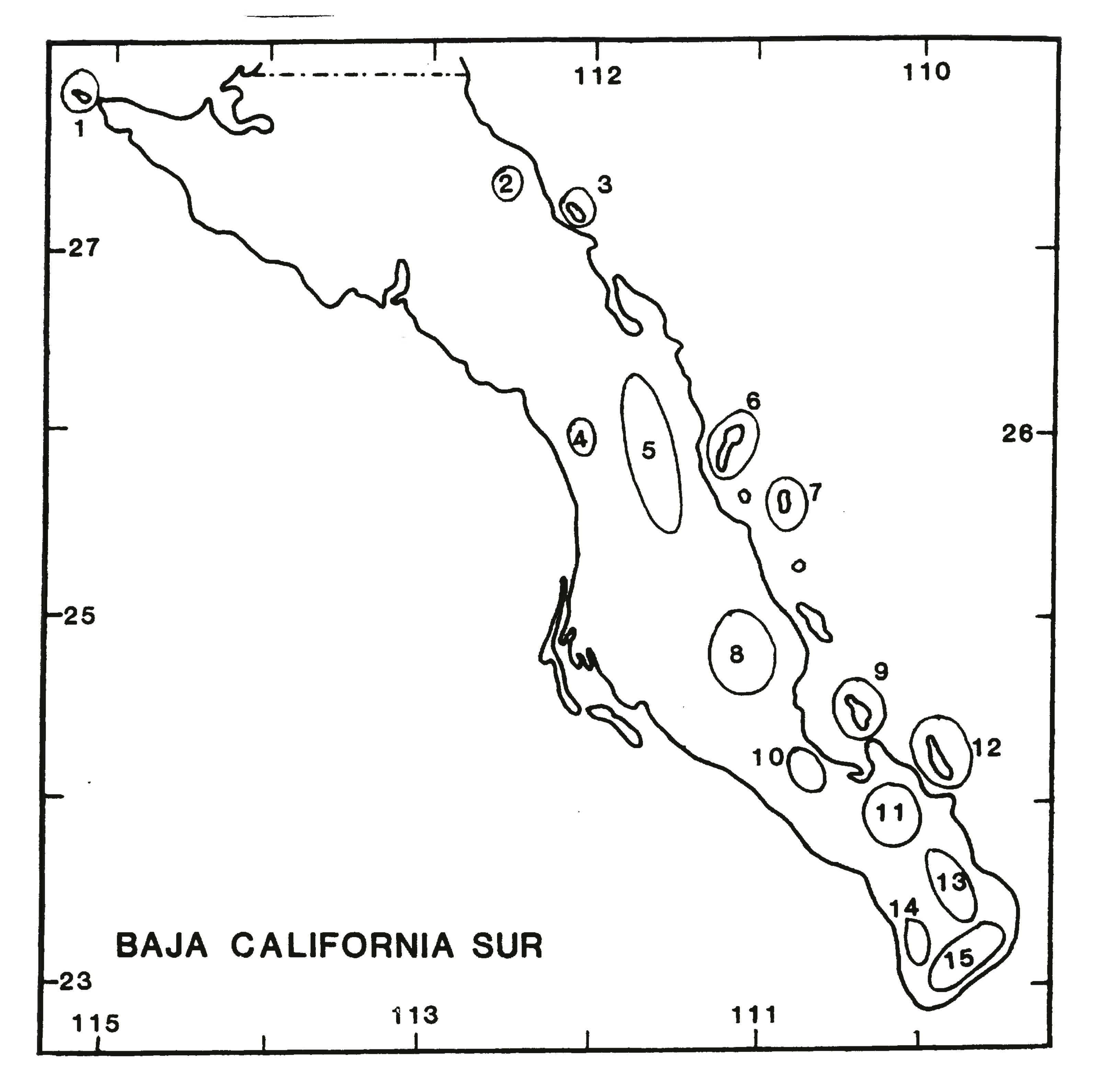


Fig. 1. Areas de distribución conocida de las especies de Heliantheae endémicas al estado de Baja California Sur (para su explicación véase el texto).

La mayor concentración de especies endémicas se encuentra en la porción más austral del estado, delimitada más o menos por La Paz hacia el norte y el Cabo San Lucas hacia el sur. En ese sector se encuentran 17 de las 24 entidades y su distribución puede ser asignada a tres regiones principales: una es La Paz y áreas circundantes (número 11 en figura 1), otra es la franja que abarca las Sierras de La Laguna y de San Lázaro, entre La Paz y la región del Cabo (número 13 en figura 1), y la tercera es la propia región del Cabo, en el extremo sur de la península (número 15 en figura 1). En esta última se encuentran siete especies de Heliantheae sólo conocidas de dicha área, algunas de ellas únicamente de colecciones hechas en el siglo pasado. La región del Cabo es uno de los principales centros de diversificación en la península de Baja California, no sólo para las Heliantheae o Asteraceae, sino para muchos otros grupos (Lee Lenz, com. pers.). Esto hace apremiante que su territorio sea considerado para propósitos de conservación, en especial ahora que el desarrollo de un polo turístico en la zona está afectando notablemente las áreas naturales.

Baja California Sur tiene una densidad poblacional de alrededor de tres habitantes por kilómetro cuadrado (Enciclopedia de México, 1987). Sin embargo, 45% de su población vive en su porción más austral, donde se encuentran localizadas las áreas más ricas en endemismos para la tribu Heliantheae. En consecuencia, esta zona está experimentando una fuerte perturbación, sobre todo debido a la destrucción de los ecosistemas por el hombre. De todas las especies endémicas de Heliantheae conocidas de la región, sólo cinco se encuentran registradas de la superficie propuesta para la creación de una reserva de la biósfera (Arriaga y Ortega, 1988; León de la Luz y Domínguez-Cadena, 1989).

Chiapas (Fig. 2)

No existe ninguna flora de la entidad, pero se cuenta con una lista de sus especies (Breedlove, 1986). Este trabajo muestra que Chiapas es una de las porciones con mayor riqueza florística de todo México. Aunque el clima cálido-húmedo prevaleciente en una buena parte del estado no favorece una gran riqueza en Asteraceae, se tienen registradas más de 500 especies para la familia, 52 de ellas endémicas a México. La tribu Heliantheae cuenta con 17 especies de área restringida a los límites de Chiapas:

Bidens geraniifolia Brandg. (9)
Calea crocinervosa Wussow, Urbatsch & Sullivan (4)
Dahlia purpusii Brandg. (9)
Hidalgoa breedlovei Sherff (1)
Lasianthaea breedlovei Turner (1)
Neurolaena fulva Turner (1, 5, 6)
Perymenium pinetorum Brandg. (2)
Sabazia breedlovei Turner (8)
S. brevilingulata Turner (8)
Schistocarpha matudae H. Rob. (7)
Verbesina chiapensis Rob. & Greenm. (1)
V. cronquistii Turner (6)
V. neriifolia Hemsl. (1, 3)

V. phyllolepis Blake (7)
V. sousae Fay (2)
Wedelia purpurea (Greenm.) Turner (2)
Zexmenia appressipila Blake (7)

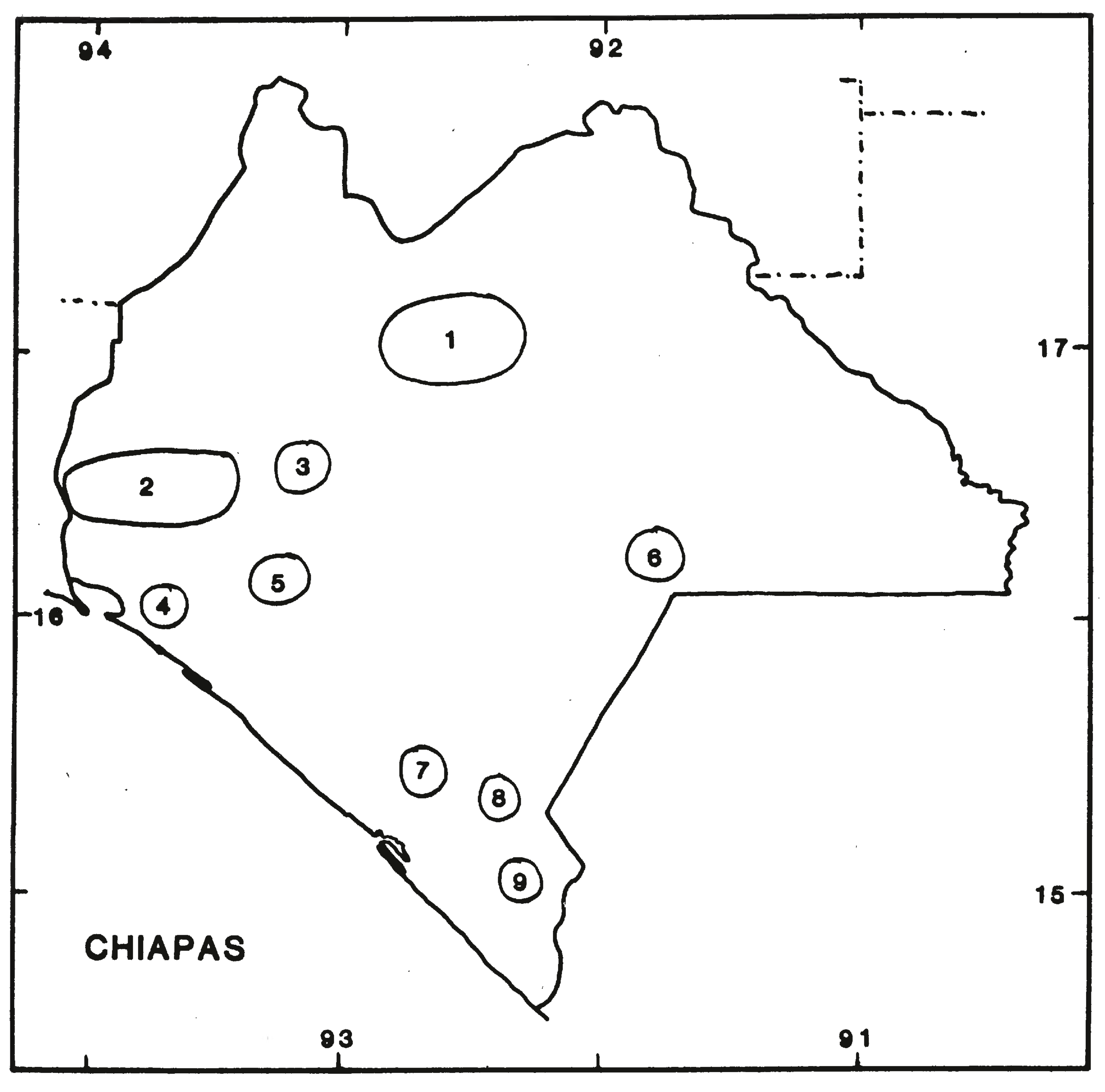


Fig. 2. Areas de distribución conocida de las especies de Heliantheae endémicas al estado de Chiapas (para su explicación véase el texto).

La región centro-norte de Chiapas, que incluye una serie de serranías aisladas y circundadas por tierras bajas, muestra una de las concentraciones más importantes de especies endémicas (número 1 en figura 2). Esta área podría ser delimitada por los pueblos de Ocosingo al sureste, Simojovel al suroeste, e incluye todos los macizos montañosos rodeados por las llanuras costeras del sur de Tabasco y noroeste de Chiapas.

Otra área igual de interesante es la porción más occidental del estado. Esta zona, por lo general de baja altitud y semiárida, forma parte de la Depresión Central de Chiapas, que incluye varias montañas aisladas y una pequeña serranía justo en la frontera con Oaxaca (número 2 en figura 2), y se halla delimitada al oeste por el lindero estatal y al este por el pueblo de Jiquipilas. Bordeando tal territorio, se encuentra un conjunto de áreas también con especies endémicas. Trabajo de campo en el futuro tal vez indique que todos estos sectores forman (¿o formaron?) un mayor centro de endemismo. Por otra parte, esta franja comparte con la porción adyacente de Oaxaca cuatro especies de Heliantheae de distribución restringida a la región (*Calea megacephala* Rob. & Greenm., *Chrysanthellum perennans* B. L. Turner, *Flourensia collodes* (Greenm.) Blake y *Philactis nelsonii* (Greenm.) Blake), elevando el número de endemismos a siete.

Chiapas tiene una densidad poblacional de alrededor de 28 habitantes por kilómetro cuadrado (Enciclopedia de México, 1987), y las dos áreas mencionadas antes como zonas ricas en especies de Heliantheae endémicas no están sobrepobladas. Ambas áreas incluyen sólo alrededor de 6% del total de la población del estado; sin embargo, las dos han estado sujetas a diferentes actividades que amenazan sus ambientes naturales. La región centro-norte de Chiapas posee una gran riqueza cultural, donde varios grupos étnicos han vivido desde hace mucho tiempo. Por lo tanto, la zona ha sufrido del impacto humano desde antes de la conquista española, y muchas partes están caracterizadas únicamente por vegetación secundaria. Por otra parte, la porción occidental del estado es rica en ganadería; en ella no se asienta una numerosa población humana, pero grandes extensiones de terreno han sido transformadas en potreros.

De todas las especies de Heliantheae endémicas conocidas de Chiapas, solamente una se registra viviendo en una zona oficialmente protegida: *Neurolaena fulva*, citada para el parque nacional Lagos de Montebello (incluído en el número 6 de la figura 2).

Coahuila (Fig. 3)

No se tiene ningún estudio florístico de tipo integral para Coahuila. Sin embargo, datos preliminares indican que el estado cuenta con una rica representación en miembros de la familia Asteraceae, con 19 especies de Heliantheae endémicas:

Ambrosia johnstoniorum Henrickson (1)
Flourensia ilicifolia Brandg. (6)
F. microphylla (Gray) Blake (2, 7, 8)
F. retinophylla Blake (1, 2, 3, 5)
F. solitaria Blake (2)
Gaillardia gypsophila Turner (2)
G. henricksonii Turner (2)
Haploesthes fruticosa Turner (5)

H. robusta I. M. Johnst. (2)
Heliopsis filifolia S. Wats. (8)
Hymenopappus hintoniorum Turner (8)
Hymenoxys insignis (Gray) Cockerell (8)
Perityle carmenensis Powell (2, 8)
P. coahuilensis Powell (1, 4)

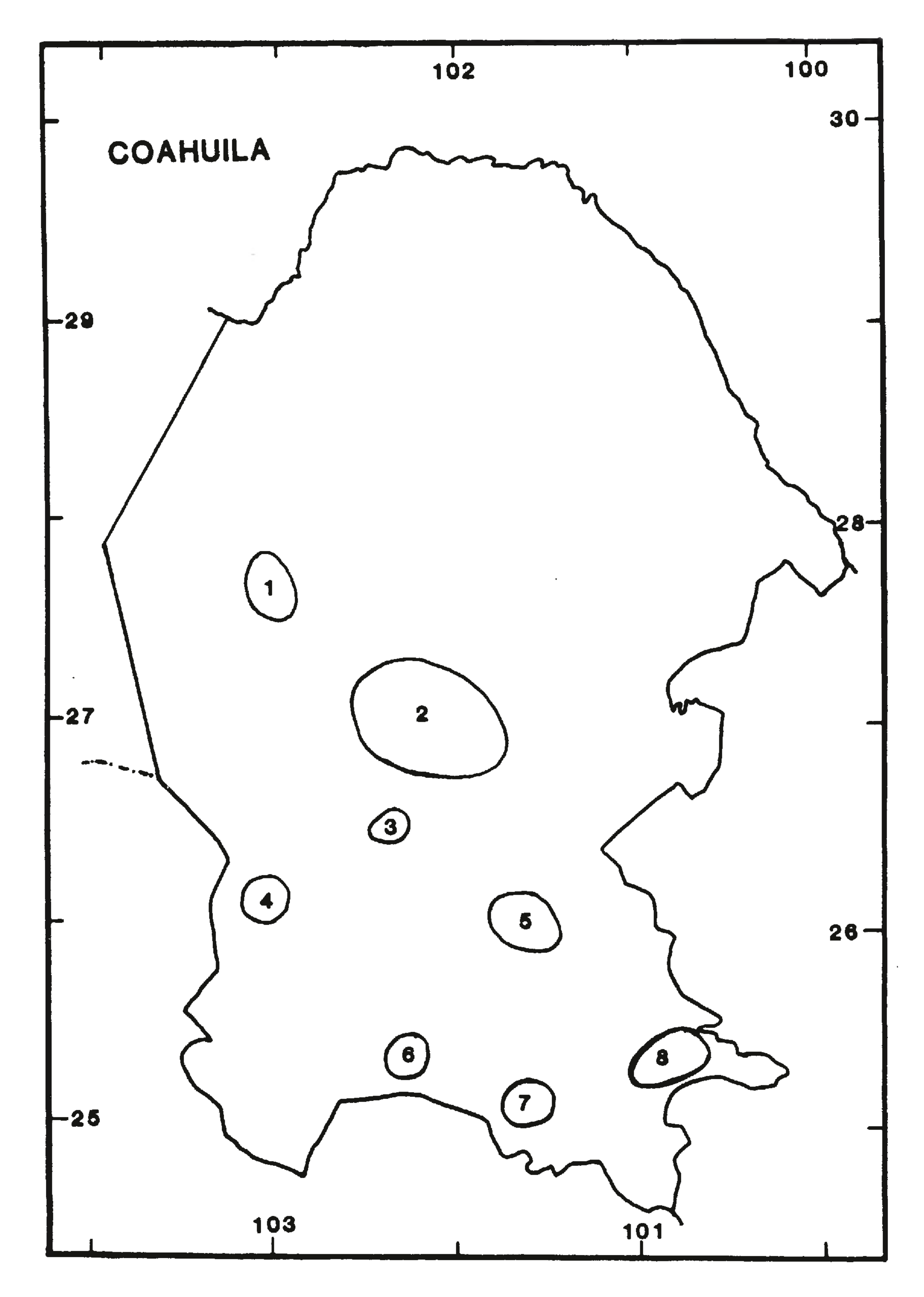


Fig. 3. Areas de distribución conocida de las especies de Heliantheae endémicas al estado de Coahuila (para su explicación véase el texto).

Plateilema palmeri (Gray) Cockerell (8)
Psathyrotes purpusii Brandg. (5)
Verbesina daviesiae Turner (8)
V. rumicifolia Rob. & Greenm. (2)
Viguiera greggii (Gray) Blake (8)

La figura 3 muestra que la mitad sur del estado es el área más importante en cuanto a concentración de especies endémicas. Dos áreas son particularmente interesantes: una es la porción central del estado (número 2 en figura 3), la cual incluye una serie de serranías, entre las cuales se pueden mencionar la Sierra de la Fragua, la Sierra de la Madera, la Sierra de Menchaca y la Sierra de San Marcos. Estas cadenas montañosas circundan pequeñas cuencas donde son muy comunes los afloramientos de yeso o suelos salinos. La región de Cuatro Ciénegas, una de las cuencas más grandes de esta comarca y florísticamente bien conocida (Pinkava, 1979-1981), alberga 5 de las 19 especies endémicas.

La segunda región incluye 6 especies, y corresponde a las áreas circundantes a Saltillo, en la porción sureste del estado (número 8 en figura 3), formando parte de la Sierra Madre Oriental, una de las cadenas montañosas más antiguas de México y donde ha evolucionado un conjunto bastante considerable de elementos de la familia. En ese sector, junto con el territorio adyacente del estado de Nuevo León, se encuentra una notable riqueza en endemismos. Así tenemos que, además de las seis especies restringidas a Coahuila, otras cinco se conocen solamente para la porción vecina de Nuevo León. Más sobresaliente es el hecho de que la flora de la región incluye tres géneros endémicos, uno en Coahuila (*Plateilema* (Gray) Cockerell), y dos en Nuevo León (*Greenmaniella* Sharp y *Vigethia* Weber).

Coahuila tiene una densidad de población de alrededor de 10 habitantes por kilómetro cuadrado. La porción central, con una gran proporción de especies endémicas, aparentemente no ha sido muy afectada por las actividades humanas. Esto es con seguridad debido a su clima seco y a la condición de los suelos, no adecuados para la agricultura. La extracción de yeso y la producción de sal, además del pastoreo, al parecer son las principales actividades llevadas a cabo en la zona. Por otra parte, la región cercana a Saltillo ha sufrido desde hace mucho tiempo la influencia del hombre y en la actualidad es asiento de cerca de 20% de la población total del estado.

Jalisco (Fig. 4)

Las Asteraceae de Jalisco han sido estudiadas por McVaugh (1984). La flora de la entidad incluye un gran número de elementos de distribución restringida; de un total de 171 especies de Heliantheae endémicas a México y encontradas en el estado, 32 son solamente conocidas en su territorio:

Bidens cordylocarpa (Gray) Crawford (4, 6)
B. subspiralis Sherff (12)
Cosmos jaliscensis Sherff (6)
C. landii Sherff (4)

C. longipetiolatus Melchert (6)
C. macvaughii Sherff (6)
C. sessilis Sherff (6)
Encelia linearis McVaugh (6)
Galinsoga mollis McVaugh (6)
Hybridella anthemidifolia (Rob. & Greenm.) Olsen (6)
Jaegeria sterilis McVaugh (7)

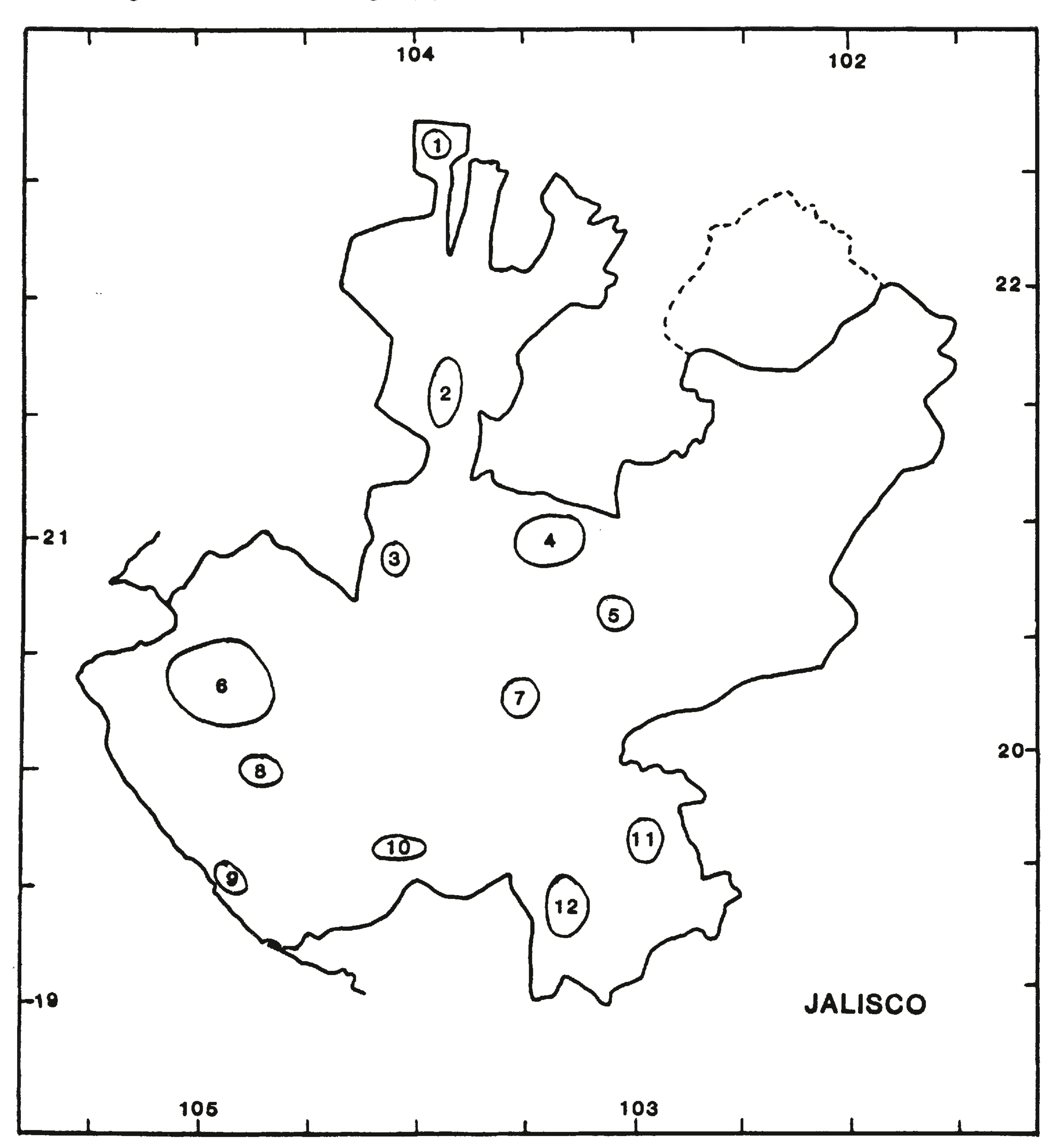


Fig. 4. Areas de distribución conocida de las especies de Heliantheae endémicas al estado de Jalisco (para su explicación véase el texto).

Lasianthaea beckeri Turner (12)
L. jaliscensis (McVaugh) Hartman & Stuessy (6)
Perityle feddemae McVaugh (1)
P. jaliscana Gray (4)
P. rosei Greenm. (2)
Perymenium jaliscense Rob. & Greenm. (3, 4)
P. wilburorum McVaugh (8)
Polymnia mcvaughii Wells (8, 10)
Tithonia koelzii McVaugh (12)
Verbesina cinerascens Rob. & Greenm. (4)
V. cuautlensis McVaugh (6)
V. culminicola McVaugh (6)
V. curatella McVaugh (6)
V. glaucophylla Blake (6)
V. lottiana Turner & Olsen (9)
V. vallartana Turner & Olsen (6)
V. villaregalis McVaugh (6)
Viguiera grahamii McVaugh (8, 10)
Wedelia aggregata (Greenm.) Turner (2)
W. cordiformis McVaugh (5)
W. cronquistii Turner (4)

La mayor concentración de estos elementos está localizada en la porción oeste del estado, donde el Eje Volcánico Transversal encuentra su extremo occidental (número 6 en figura 4). Esta es una zona principalmente montañosa, incluyendo, entre otras, la Sierra del Cuale, la Sierra de Mascota y la Sierra de Cacoma. Sus límites podrían ser más o menos delimitados por el pueblo de Mascota hacia el norte, por el pueblo de El Tuito hacia el oeste, y Ayutla hacia el sureste. Sólo para esta región se conocen en la actualidad 14 especies de Heliantheae endémicas. Además, cinco especies de *Eupatorium* L., dos de *Microspermum* Lag. y dos de *Stevia* Cav., todas ellas miembros de la tribu Eupatorieae, para mencionar otros ejemplos, se registran de ahí. Al menos por su alto número de especies de Asteraceae endémicas, esta zona sobresale como un importante centro de diversificación, y debería ser considerada en futuros programas de conservación. En ella viven menos de 5% de los habitantes del estado (Enciclopedia de México, 1987); por consiguiente, los ecosistemas no han sufrido todavía mucha perturbación debido a la influencia humana, aunque en la actualidad la minería y la extracción de madera ocupan un lugar importante entre las actividades llevadas a cabo en la región.

Otra área igualmente importante, y quizás más proclive a la destrucción, es la parte de la cuenca del Río Santiago cercana a Guadalajara (número 4 en figura 4). La región fue asiduamente visitada por colectores como E. Palmer y C. G. Pringle a principios de siglo, y es la localidad tipo de un gran número de taxa. De esta área se conocen cuatro especies de Heliantheae de distribución local, aunque al menos otras siete de la tribu Eupatorieae deberían ser adicionadas a la lista de endemismos de la zona.

La importancia desde el punto de vista histórico de esta zona, su cercanía a Guadalajara, la segunda ciudad más importante de México, y su gran riqueza en

endemismos, la convertirían en un sitio ideal para combinar, en una área protegida, las metas de conservación de las seguramente amenazadas especies endémicas, con una área de recreación y educación para la comunidad mexicana. Lo que sí es seguro es que se necesita, y es urgente, hacer trabajo de campo para verificar el estado actual que guardan estas especies en la región, y promover medidas para su conservación en un futuro próximo.

Las especies endémicas que tienen algún grado de protección en el estado son *Polymnia mcvaughii, Verbesina lottiana* y *Viguiera grahamii*, pues se encuentran citadas de las únicas dos áreas protegidas con que cuenta el estado. A *V. lottiana* se le conoce de la Estación de Biología "Chamela" de la Universidad Nacional Autónoma de México (número 9 en figura 4), en la costa occidental, y las otras dos de la reserva recientemente creada en la Sierra de Manantlán (número 10 en figura 4), donde se encuentra la especie perenne relacionada con el maíz (*Zea diploperennis* Iltis et al.)

CONCLUSIONES

La gran proporción de especies endémicas de Heliantheae, así como de otros grupos de plantas y animales, ponen de relieve la importancia de este elemento en la flora y fauna mexicanas. Muchos de los grupos mejor conocidos de México, por ejemplo Malvaceae (Fryxell, 1988), Leguminosae (Sousa y Delgado, en prensa), Heliantheae (y Asteraceae en general), anfibios o reptiles (Flores y Gerez, 1988; Toledo, 1988), tienen una alta proporción de especies endémicas en México. Si esta tendencia es compartida por otras de las 243 familias de Magnoliophyta existentes en México (Villaseñor y Murguía, en prensa), es posible que casi la mitad de la flora sea endémica o casi endémica de México.

La estimación anterior coloca a las personas interesadas o involucradas en la conservación de los recursos naturales en situaciones difíciles de afrontar. El principal reto será el cómo preservar el mayor número posible de endemismos de una manera exitosa. Con menos de la mitad de su vegetación natural original (Toledo, 1988), y con una alta tasa de deforestación y destrucción de los ecosistemas naturales, el elemento endémico está indudablemente amenazado.

Sólo con trabajo de campo, llevado a cabo de una manera intensiva y extensiva, se podrá saber cuántas especies endémicas se han extinguido. Por otra parte, la evaluación del endemismo a nivel regional es también de gran importancia si queremos contar con listas confiables de especies amenazadas o en peligro de extinción (y en su caso extintas). Este aspecto apunta nuevamente a la necesidad de motivar y apoyar más estudios florísticos a nivel regional, especialmente en aquellas regiones ricas en endemismos.

La detección de áreas con gran número de especies de distribución restringida favorecerá la conservación de esta riqueza. Como se hace evidente de los ejemplos usados en este trabajo, existen territorios en cada estado particularmente ricos en endemismos. Trabajos similares, llevados a cabo con otros grupos revelarán las zonas más adecuadas para ser propuestas como áreas protegidas. Hasta la fecha, desgraciadamente, sólo los ecosistemas han sido utilizados como criterios para la asignación de tales áreas. Algunas

zonas tal vez no parezcan tan interesantes o bellas, pero tendrán que ser consideradas si queremos que los endemismos sean conservados también.

Las dependencias gubernamentales deben cooperar, legislar, motivar y apoyar más los estudios florísticos y faunísticos, y así encontrar más rápidamente las medidas y las bases necesarias para proteger los terrenos más adecuados para la conservación de poblaciones y especies. Las universidades y los especialistas, por otra parte, deben jugar un papel más activo en la educación y el establecimiento de un espíritu y criterio conservacionista, un aspecto practicamente ausente en México. Sin el apoyo gubernamental y la educación de la gente, muy dificilmente se podrán establecer en México áreas protegidas con buenos programas de conservación de la diversidad biológica.

Los patrones de distribución de las especies endémicas de Heliantheae muestran la existencia, a nivel estatal, de áreas particularmente ricas en endemismos. Algunas de ellas podrían servir muy bien como zonas protegidas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los Doctores Thomas Atkinson, Fernando Chiang y Thomas Elias, y a los Maestros en Ciencias Emily Lott y Mario Sousa la lectura de este manuscrito y sus valiosos comentarios y sugerencias.

LITERATURA CITADA

Arriaga, L. y A. Ortega (eds.) 1988. La Sierra de la Laguna de Baja California Sur. Publicación no. 1. Centro de Investigaciones Biológicas. La Paz, Baja California Sur. 239 pp.

Bentham, G. 1873. Notes on the classification, history, and geographical distribution of the Compositae. J. Linn. Soc. Bot. 13: 335-577.

Breedlove, D. E. 1986. Flora de Chiapas. In: Listados florísticos de México. IV. Instituto de Biología. U.N.A.M. México, D. F. 246 pp.

Cabrera-Rodríguez, L. y J. L. Villaseñor. 1987. Revisión bibliográfica sobre el conocimiento de la familia Compositae en México. Biotica 12: 131-147.

Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia Univ. Press. New York. 1262 pp.

Enciclopedia de México. 1987. Compañía Editora de Enciclopedia de México. Secretaría de Educación Pública. México, D. F. 14 vols.

Flores V., O. y P. Gerez. 1988. Conservación en México: síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso del suelo. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz. 302 pp.

Fryxell, P. A. 1988. Malvaceae of Mexico. Syst. Bot. Monogr. 25: 1-522.

Gentry, A. H. 1986. Endemism in tropical versus temperate plant communities. In: Soule, M. E. (ed.). Conservation Biology. Sinauer Assoc., Inc. Sunderland, Massachusetts. pp. 153-181.

León de la Luz, J. L. y R. Domínguez-Cadena. 1989. Flora of the Sierra de la Laguna, Baja California Sur, Mexico. Madroño 36: 61-83.

Margules, C. R. y A. O. Nichols. 1988. Selecting networks of reserves to maximize biological diversity. Biol. Conserv. 43: 63-76.

Margules, C. R. y M. B. Usher. 1981. Criteria used in assessing wildlife conservation potential: a review. Biol. Conserv. 21: 79-109.

McVaugh, R. 1984. Flora Novo-Galiciana. Vol. 12. Compositae. Univ. of Michigan Press. Ann Arbor, Michigan. 1157 pp.

Mittermeier, R. A. 1988. Primate diversity and the tropical forest. In: Wilson, E. O. y F. M. Peter (eds.). Biodiversity. National Academic Press. Washington, D.C. pp. 145-154.
Pinkava, D. J. 1979-1981. Vegetation and flora of the Bolsón of Cuatro Ciénegas region, Coahuila, México. Parts I-III. Bol. Soc. Bot. México 38: 35-74; 39: 107-127; 41: 127-151.
Rzedowski, J. 1972. Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México III. Algunas tendencias en la distribución geográfica y ecológica de las Compositae Mexicanas. Ciencia (México) 27: 123-132.
Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 pp.
Shreve, F. e I. L. Wiggins. 1964. Vegetation and flora of the Sonoran Desert. Stanford Univ. Press. Stanford, California. 2 Vols.
Soule, M. E. 1986. Conservation biology and the "real world." In: Soule, M. E. (ed.). Conservation Biology. Sinauer Assoc., Inc. Sunderland, Massachusetts. pp. 1-12.
Sousa S., M. y A. Delgado S. Mexican Leguminosae: Phytogeography, endemism and origins. In: Ramamoorthy, T. P. y R. Bye (eds.). Biological diversity of Mexico: origins and distributions. Oxford Univ. Press (en prensa).
Takhtajan, A. 1986. Floristic regions of the World. Univ. of California Press. Berkeley. 522 pp.
Toledo, V. M. 1988. La diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo (México) 81: 18-30.
Vargas, M. F. 1984. Parques nacionales de México y reservas equivalentes. Instituto de Investigaciones Económicas. U.N.A.M. México, D. F. 266 pp.
Villaseñor, J. L. 1990. The genera of Asteraceae endemic to Mexico and adjacent regions. Aliso 12: 685-692.
Villaseñor, J. L. y M. Murguía-Romero. Policlave para las familias de Magnoliophyta de México. Publicación especial por el Consejo Flora de México (en prensa).
Wiggins, I. L. 1980. Flora of Baja California. Stanford Univ. Press. Stanford, California. 1025 pp.

Acta Botánica Mexicana (1991), 15:47-64

EL ENDEMISMO EN LA FLORA FANEROGAMICA MEXICANA: UNA APRECIACION ANALITICA PRELIMINAR[1, 2]

Jerzy Rzedowski

Instituto de Ecología
Centro Regional del Bajío
Apartado postal 386
61600 Pátzcuaro, Mich., México

RESUMEN

Esta contribución constituye esencialmente una ampliación de algunos datos y conceptos vertidos en un trabajo anterior, dedicado al tema de la diversidad y de los orígenes de la flora fanerogámica de México. Una parte de dicho artículo se ocupó del endemismo, habiéndose determinado que éste involucra el nivel de familia, es del orden de ±10% de los géneros y de ±52% de las especies conocidas. Si se toma como marco de referencia una área más natural desde el punto de vista ecológico, que expandiera en cerca de un tercio el territorio del país, estos valores se elevarían a ±17% y ±72% respectivamente.

Al comparar tales cifras con la información existente para algunos otros países y regiones del mundo, se concluye que la magnitud del endemismo en la flora de México no es tan grande como la de Australia, Madagascar y Sudáfrica, pero supera la de Cuba y la de la provincia florística de California y por muy amplio margen a otras muchas porciones de la Tierra.

Las raíces de esta significativa riqueza en organismos de distribución restringida se ubican por una parte en la existencia de un buen número de regiones que funcionan como verdaderas islas y penínsulas ecológicas en el territorio de la República, varias de ellas de gran extensión, y por la otra en los eventos y condiciones ambientales del pasado geológico. En particular se enfatiza la circunstancia de que durante la mayor parte del Cenozoico, al no existir comunicación terrestre con Sudamérica, México tenía la forma de una península que, a semejanza de Sudáfrica, penetraba en forma de cuña hacia condiciones climáticas contrastantes con respecto a las que prevalecían en la parte ancha del continente.

Al comentar los diferentes tipos y facetas del fenómeno en México, se puntualiza el hecho de que, si bien existe una importante proporción de especies de área muy local y/o raras, el grueso de los endemitas no comparte tales rasgos y en realidad muchas de las plantas más comunes y características del paisaje mexicano, incluyendo un buen número de malezas y algunos cultivares, corresponden a taxa de distribución restringida.

Entre los endemismos edáficos destacan sobre todo las gipsófitas, muchas de las cuales parecen atestiguar una antigua historia evolutiva. Además de estas últimas existe un gran conjunto adicional de grupos paleoendémicos, en parte concentrados en áreas que han funcionado como refugios durante las épocas de clima cambiante del Terciario y Cuaternario.

Una estimación gruesa indica que en la flora mexicana el endemismo es particularmente acentuado entre arbustos y plantas herbáceas terrestres perennes, en cambio los bejucos y los vegetales acuáticos

[1] Trabajo realizado con apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, del Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán, así como de la Secretaría de Educación Pública.
[2] Versión ligeramente ampliada de la ponencia presentada en el marco del Simposio sobre "Biodiversidad de México - Conservación de la Selva en Mesoamérica", celebrado en Xalapa, Ver. en diciembre de 1990.

son los más pobres en este sentido. En cuanto a las familias grandes, Cactaceae, Rubiaceae y Compositae llevan la primacía con alrededor de 70% de especies de distribución restringida, mientras que Orchidaceae y Gramineae sólo registran 35% y 25% respectivamente.

Se observa una notable correlación entre la proporción de géneros endémicos y el grado de aridez climática. A nivel de especies, sin embargo, son igualmente privilegiadas en elementos de distribución restringida las áreas templado-semihúmedas. Las regiones cálido-húmedas, a su vez, son las más pobres en tales elementos.

Se indican algunas localidades y regiones de México, en las cuales se ha detectado una significativa concentración de endemismos florísticos y en términos generales se observa que los géneros de esta categoría están mucho mejor representados en la mitad septentrional del país, en cambio las especies prevalecen más en las vertientes del Pacífico que en las atlánticas. Se enfatiza, sin embargo, la circunstancia de que en la mayor parte del país, practicamente en cualquier punto, la flora de comunidades terrestres, no excesivamente perturbadas, contiene un elevado porcentaje de elementos de distribución restringida a sus límites territoriales.

ABSTRACT

This contribution is essentially a complement to the data and concepts exposed in a previous paper, devoted to the topic of diversity and origins of the Mexican phanerogamic flora. A part of the mentioned paper deals with the subject of endemism which, according to evidence and estimations, involves the family level and accounts for ±10% of the genera and ±52% of known species. If an ecologically more natural area (wich expands the territory of Mexico by about 1/3) is taken as reference, these figures rise respectively to ±17% and ±72%.

If these figures are compared with existing information for other countries and regions of the world, it can be concluded that the extent of endemism in the flora of Mexico is not as large as that of Australia, Madagascar or South Africa, but surpasses that of Cuba and of the California floristic province and is much larger than those of many other parts of the world.

The origin of this significant wealth of endemic organisms must be sought on the one hand in the existence of a fair number of regions that behave as true ecological islands and peninsulas within the territory of Mexico, some of them extending over large portions of the country, and on the other hand, in the events and environmental conditions of the geological past. Particularly, it must be emphasized that during much of the Cenozoic era no terrestrial connection existed with South America and accordingly Mexico bore the form of a peninsula which, much like South Africa, penetrated in form of a wedge toward climatic conditions in sharp contrast with those prevailing on the wider part of the continent.

Different types and aspects of endemism in Mexican flora are discussed and it is pointed out that an important proportion of very local and/or rare species can be recognized. The majority of endemics, however, do not belong to this group and in fact many of the most common and characteristic plants of the Mexican landscape belong to taxa of restricted distribution, including a large number of weeds and some cultivars.

Gypsophytes stand out among edaphic endemics and this group seems to bear a long evolutionary history. A large additional assemblage of paleoendemics can be distinguished, in part concentrated in areas which acted as refugia during the epochs of changing climates of the Tertiary and the Quaternary.

A rough estimation indicates that endemism in the Mexican flora is most accentuated among shrubs and perennial terrestrial herbs, whereas lianas and aquatic plants show the lowest incidence. Among the larger families, Cactaceae, Rubiaceae and Compositae stand out with about 70% of endemic species, while Orchidaceae and Gramineae only reveal 35% and 25% respectively.

A remarkable correlation can be observed between the proportion of endemic genera and the degree of climatic aridity. At the species level, however, temperate and semi-humid areas are equally privileged in endemics. On the other hand in warm and humid regions endemism is poorly represented.

Numbers of localities and regions are indicated, in which a significant concentration of floristic endemism has been detected and in general terms it can be observed that endemic genera are much

better represented in the northern half of the country, whereas endemic species are more numerous on the Pacific slopes than on the Atlantic. It is pointed out, however, that in most parts of the country, practically at any point, the flora of terrestrial and not excessively disturbed communities includes a high percentage of endemics.

MAGNITUD DEL ENDEMISMO Y SU SIGNIFICADO

Los organismos de distribución geográfica restringida, o endémicos, han llamado la atención de los biólogos desde hace muchos años. Los pormenores de su conocimiento han resultado de interés no solamente en la biogeografía, sino también en la sistemática, en la genética, en los estudios sobre la evolución orgánica, en la paleoecología y en otras ramas de la ciencia.

A nivel comparativo la magnitud del endemismo se emplea como indicador del grado de "singularidad" de una determinada flora (o fauna), o sea de la cuantificación de su distinción con respecto a las floras de otras regiones del continente o del mundo.

En los años recientes ha ido cobrando cada vez mayor importancia el reconocimiento, la jerarquización y la localización de los endemitas en función de la necesidad de conservar la diversidad biológica de nuestro planeta.

En cuanto a México, Hemsley (1886-1888) fue el primero en realizar un análisis global de la flora vascular hasta entonces conocida, presentando algunos cálculos y estimaciones de la importancia así como de la ubicación geográfica del elemento endémico. El autor de esta líneas (Rzedowski, 1962) profundizó en la correlación existente en nuestro país entre la magnitud del endemismo y la distribución de las zonas de clima árido. Villaseñor (1990) definió y discutió los géneros mexicanos de distribución restringida de la familia Asteraceae (Compositae). Finalmente, como parte de una disertación sobre la diversidad y los orígenes de la flora fanerogámica de México (Rzedowski, 1991) se hizo un intento de definición cuantitativa de la importancia al igual que de la repartición ecológica y geográfica de este elemento en el territorio de la República.

Puesto que la última contribución constituye un antecedente imprescindible de lo que se expondrá más adelante en este trabajo, se proporciona a continuación un resumen de los aspectos pertinentes más significativos de la misma.

En el mencionado artículo, después de reconocer la inexistencia de un inventario florístico depurado para el país, se calcula que las fanerógamas mexicanas están representadas por 220 familias y ±2410 géneros. En seguida, mediante cómputo indirecto se define en ±18800 el número de especies hasta ahora conocidas; a partir de este valor se estima en ±18000 la cantidad de especies nativas conocidas y en ±21600 el total de especies existentes, sin tomar en cuenta las introducidas.

Con el objeto de proporcionar al endemismo un marco de referencia geográfica más natural, además de supeditarlo a los límites políticos de México, se introducen los conceptos de: a) Megaméxico 1, que, aparte del territorio de la República incluye las porciones de las zonas áridas sonorense, chihuahuense y tamaulipeca que pertenecen a los Estados Unidos de América; b) Megaméxico 2, que expande las fronteras del país hasta el norte de Nicaragua; y c) Megaméxico 3, para comprender ambas extensiones.

Aplicando estos criterios se calculó el número de familias y de géneros endémicos, como lo muestran los cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Número de familias endémicas de la flora fanerogámica de México. Reproducido de Rzedowski (1991).

	De acuerdo con la clasificación de Engler y Prantl	De acuerdo con algunas clasificaciones modernas
México	0	1
Megaméxico 1	1	4
Megaméxico 2	0	2
Megaméxico 3	1	5

Nota: a estos valores debe sumarse la familia Lacandoniaceae, recientemente descrita y endémica de México (Martínez y Ramos, 1989).

Cuadro 2. Número aproximado de géneros endémicos de la flora fanerogámica de México. Reproducido de Rzedowski (1991).

	Número	Porcentaje con respecto al total de 2410
México	±230	±10%
Megaméxico 1	±310	±13%
Megaméxico 2	±310	±13%
Megaméxico 3	±400	±17%

Las cantidades referentes a las especies se obtuvieron a su vez por medio de cómputos indirectos y estimaciones gruesas. Los valores encontrados se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Número estimado de especies endémicas de la flora fanerogámica de México. Reproducido de Rzedowski (1991).

	Número	Porcentaje con respecto al total de 18000
México	± 9300	±52%
Megaméxico 1	±10600	±59%
Megaméxico 2	±11500	±64%
Megaméxico 3	±12900	±72%

A título de comentario se señaló que, aun cuando imprecisas, estas últimas estimaciones deben considerarse como conservadoras, principalmente por el hecho de que son aún muy numerosas (probablemente del orden de 2000) las especies de fanerógamas que se encuentran sin reconocer ni describir. La gran mayoría de tales taxa evidentemente es de distribución restringida.

Los datos de esta manera revelados significan que de cada dos especies de plantas con flores que existen en México, en promedio una restringe su área de distribución al territorio del país y tres de cada cuatro no pasan de los límites de Megaméxico 3. Si bien, para muchos tales números pueden parecer sorpresivamente altos, en realidad son congruentes con:

a) los valores iniciales de Hemsley (1886-1888), quien calculó en 10.8% y 70.5% las proporciones respectivas de géneros y especies endémicos para la flora fanerogámica de México en conjunción con toda Centroamérica y en 81.7% la proporción de especies endémicas al área que se extiende desde el norte de México hasta Honduras.

b) la estimación de Ramamoorthy y Lorence (1987) de 60 a 65% de endemismo a nivel de especie y de ±15% de endemismo en los géneros de plantas vasculares mexicanas;

c) la estimación de Gentry (1982) de 60% de especies endémicas para el conjunto de México y Centroamérica, basada en una muestra de diferentes grupos de fanerógamas;

d) la estimación de Raven (1976) y de Gentry (1982) de que la riqueza florística de la región neotropical es del orden de 90000 especies;

e) las proporciones de 51% y 61% respectivamente, correspondientes a especies de reptiles y de anfibios endémicos al territorio de México (Flores y Gerez, 1988; Toledo, 1988).

En el cuadro 4 se ofrece un resumen comparativo de la magnitud de endemismo para las floras de algunas partes del mundo. El primer conjunto corresponde a varias islas que, como es sabido, en general destacan por su abundancia de organismos de distribución restringida. Aquí sobresalen en particular Australia, Madagascar, Hawai y Nueva Zelandia, con la indicación de que si bien el tamaño de la isla y su distancia de los continentes son factores importantes, el elemento decisivo de la riqueza de endemismos lo constituye la historia de la flora del territorio en cuestión.

El segundo grupo lo conforman algunas regiones continentales, entre las que sobresalen en primer término el bien conocido caso de Sudáfrica y también el no menos renombrado de California, sobre todo el de la llamada provincia florística de California, que excluye algunas porciones del estado del mismo nombre, pero abarca sectores de Oregon, de Nevada y de Baja California.

Infortunadamente no quedan comprendidas en esta comparación varias áreas adicionales que descuellan igualmente por su riqueza de endemismos, como son ciertas porciones del sureste de Asia y sobre todo de Sudamérica, pero sus floras son aún tan imperfectamente conocidas que no existen (o al menos no me fue posible encontrar) los datos correspondientes. Con respecto al Neotrópico destaca la región montañosa de las Mesetas de Guayana (sur de Venezuela y áreas adyacentes de Guiana y de Brasil), para la que Maguire (1970) estima una flora de aproximadamente 8000 especies, de las cuales mucho más de las 3/4 partes serían endémicas, al igual que cerca de un centenar de géneros. Gentry (1982), sin embargo, cree que la proporción de taxa restringidos a las Mesetas de Guayana no es tan desmedida, pues su muestreo arroja el valor de 77%. Otras regiones que, según el mencionado autor, también son muy ricas en endemismo corresponden a varias partes de Brasil y a la cadena de los Andes.

Cuadro 4. Proporción de endemismo en las floras de algunas regiones del mundo. Los datos se compilaron de varias fuentes, principalmente de Goldblatt (1978), Raven y Axelrod (1978) y Gentry (1986).

	Superficie en miles de km²	Géneros en total	Géneros % de endémicos	Especies en total	Especies % de endémicas
Australia y Tasmania	7700	±1700	±32	±15000	±85
Madagascar	590	?	±20	±8500	±81
Hawai	17	253	12	1751	92
Nueva Zelandia	268	393	10	1996	81
Cuba	115	1308	5	5900	46
Japón	377	1098	1.5	4022	34
Islas Británicas	308	545	0	1443	1
Sudáfrica	2500	1930	29	18532	80
California (prov. flor.)	324	795	6	4452	48
California (estado)	411	878	3	5046	30
India	3162	?	?	±14000	±34
Este de E.U.A.	3200	849	1	4425	14
Texas	751	1075	0.7	4196	9
México	1967	±2410	±10	±18000	±52
México (con referencia al territorio de Megaméxico 3)			±17		±72

De estas confrontaciones cabe concluir que, si bien la dimensión del endemismo en la flora de México no alcanza los niveles de Australia, de Madagascar ni de Sudáfrica, supera la de Cuba y de la provincia florística de California y es substancialmente mayor que la de Japón, de Texas y del este de los Estados Unidos.

En términos de números absolutos cabe enfatizar que las especies de fanerógamas limitadas en su distribución a México representan alrededor de 4% del monto total de la flora de la Tierra.

CAUSAS DEL ENDEMISMO

Se sabe que en general la concentración de organismos de distribución restringida se favorece por la conjunción de varios factores, entre los cuales sobresalen:

- larga permanencia de la región en calidad de tierra emergida y no sujeta a condiciones ambientales catastróficas,
- alta (aunque no catastrófica) intensidad y frecuencia de cambios climáticos y fisiográficos a través del tiempo geológico,
- aislamiento ecológico efectivo,

- alta diversidad fisiográfica, geológica, edáfica, y por ende biótica de la región,
- alta intensidad de evolución.

Con referencia a nuestro país, cabe constatar que la mayor parte de su territorio no es de carácter insular y aparentemente no lo ha sido, al menos desde los finales del Cretácico, cuando emergió el grueso de su placa continental. A pesar de no ser una isla auténtica, sin embargo, México y sobre todo Megaméxico 3 está constituido por un buen número de regiones que funcionan como islas ecológicas de mayor trascendencia.

Una de ellas corresponde al conjunto de las zonas mexicanas de clima árido que, si bien no están aisladas de los "desiertos" del oeste de los Estados Unidos, de hecho existe una diferencia climática tan drástica entre ambas, que la flora de la porción meridional y más calurosa (de Megaméxico 2) practicamente no comparte plantas comunes con la de la parte boreal y más fría del "desierto" intermontano de la Gran Cuenca (Rzedowski, 1973), existiendo tan sólo un estrecho tramo transicional conocido como el "desierto Mohave".

Una situación análoga se presenta en el caso de las porciones montañosas de México, caracterizadas por el clima "templado" y semihúmedo. Estas áreas tampoco están efectivamente desconectadas de las cordilleras del occidente norteamericano, pero de hecho la corta discontinuidad que separa la Sierra Madre Occidental de Sonora y Chihuahua del extremo meridional de las Rocallosas en Nuevo México, una vez más divide dos floras muy diferentes, al menos a nivel de especies. Del lado sur un papel similar le toca jugar a la Depresión de Nicaragua, pues el grueso de los elementos florísticos característicos de las montañas de México alcanza Guatemala, una buena proporción llega a Honduras y al norte de Nicaragua, pero pocos reaparecen en Costa Rica y Panamá.

Otra isla ecológica (o más bien conjunto de islas ecológicas) lo constituye la correspondiente al bosque tropical caducifolio de México, que se extiende por el lado de la vertiente pacífica hasta Nicaragua y el extremo NW de Costa Rica. A esta unidad le corresponde también una flora propia, originada indudablemente en función de su aislamiento geográfico.

En buena medida lo mismo se aplica a los manchones del bosque mesófilo de montaña, al igual que a una importante cantidad de otras ínsulas, bien de tipo edáfico, climático o fisiográfico, algunas de las cuales se detallarán en el siguiente capítulo.

La magna diversidad fisiográfica, geológica y edáfica de México es bien conocida, siendo también evidente su importancia como centro de evolución de linajes vegetales (Hemsley, 1886-1888; Tryon, 1972; Johnston, 1977; Toledo, 1988; Rzedowski, 1991).

Es preciso apuntar, sin embargo, que la extraordinaria profusión y profundidad del endemismo en la flora de México tiene que derivar en gran medida de eventos y condiciones ambientales del pasado geológico. En este contexto es preciso enfatizar no solamente la indudable presencia de islas ecológicas a lo largo de muchos millones de años, sino su carácter dinámico en función de los profundos cambios fisiográficos y climáticos que afectaron el territorio de la República y las áreas adyacentes durante el Cenozoico.

De mucho significado, sobre todo, es el hecho de que a finales del Cretácico no existía continuidad de tierra firme entre Norte y Sudamérica y la masa continental boreal se extendía hacia el sur en forma de una península, cuyo vértice alcanzaba la altura del actual Istmo de Tehuantepec (Dengo, 1973). A mediados del Terciario, Norteamérica

llegaba hasta el norte de Nicaragua y sólo hace unos 3 a 4 millones de años se estableció el cinturón de encadenamiento a través de Costa Rica y Panamá (Keigwin, 1978).

La existencia de esta condición peninsular del territorio de México señala una analogía con la situación de Sudáfrica, pues en ambos casos se trata de una prolongación terrestre que va estrechándose de manera paulatina y que penetra en forma de cuña hacia condiciones climáticas contrastantes con respecto a las que prevalecen en la parte ancha del continente. Este parece ser un mecanismo muy efectivo de aislamiento ecológico, aunque en el caso de México su funcionamiento no debe haber sido tan perfecto, pues al parecer durante todo ese tiempo existieron hacia el sur y el sureste archipiélagos, que permitían al menos cierta intensidad de intercambio florístico con Sudamérica.

TIPOS DE ENDEMISMO

Los taxa endémicos pueden examinarse de acuerdo con varios parámetros y criterios. A continuación se intentará aplicar algunos enfoques analíticos con referencia a lo existente en el país.

Aunque no resulta práctica una clasificación rígida por tamaños de área de distribución, si se toma como nivel de referencia un territorio de las dimensiones de México (±2000000 km^2), lo primero que salta a la vista es la presencia de no pocos taxa endémicos, pero cuya área ocupa gran parte del mencionado territorio; este es el caso, por ejemplo, de *Buddleia parviflora*, que se distribuye de Sonora y Chihuahua a Veracruz y Oaxaca, de *Lysiloma microphylla*, que se conoce de Baja California, Sonora, Chihuahua y Tamaulipas hasta Oaxaca, o de *Inga leiocarpa*, que se extiende de Sinaloa al Estado de México y Chiapas.

En el otro extremo se hallan los taxa conocidos de una sola localidad o en muchos casos de una sola población, que también son numerosos y que pueden ejemplificarse con *Lacandonia schismatica*, *Schaffnerella gracilis* y *Pinus maximartinezii*.

Más de 50% de los endemismos entre las plantas mexicanas, sin embargo, es de carácter intermedio, es decir su área abarca varias o muchas localidades en un estado o más frecuentemente en varios estados, a menudo pertenecientes a una determinada región fisiográfica.

Estas consideraciones conducen directamente a otro importante parámetro, el referente a la abundancia o rareza de las plantas en cuestión. Aquí también se presenta una situación similar, pues si bien se conoce un buen número de especies endémicas, cuyas poblaciones constan de pocos individuos, a menudo nada fáciles de encontrar, como *Gentiana perpusilla*, *Opizia bracteata* o *Tigridia martinezii*, el grueso del conjunto no presenta necesariamente estas características y muchas de las plantas endémicas mexicanas son comunes o muy comunes.

Es más, un abrumador número de especies, que son de las más abundantes, conspicuas y características del paisaje mexicano son de distribución restringida o casi restringida al país, como por ejemplo muchos nopales (*Opuntia leucotricha*, *O. robusta*, *O. stenopetala*, *O. streptacantha* y numerosas otras especies), magueyes (*Agave applanata*, *A. atrovirens*, *A. inaequidens*, etc.), izotes o palmitas (*Yucca carnerosana*, *Y. decipiens*, *Y. filifera*), encinos (*Quercus castanea*, *Q. crassipes*, *Q. mexicana*, *Q. obtusata*,

etc.), pinos (*Pinus cembroides, P. leiophylla, P. patula*, etc.), el oyamel (*Abies religiosa*), el capulín (*Prunus serotina* ssp. *capuli*), los ailes (*Alnus acuminata* ssp. *glabrata, A. jorullensis*), los copales y cuajiotes (*Bursera lancifolia, B. morelensis, B. palmeri, B. penicillata*, etc.) el mezquite (*Prosopis laevigata*), los cazahuates (*Ipomoea arborescens, I. intrapilosa, I. murucoides*), el ahuehuete (*Taxodium mucronatum*), varios amates (*Ficus lapathifolia, F. petiolaris*), el axóchitl (*Astianthus viminalis*) y muchos otros.

No falta entre las especies endémicas a México un importante contingente de malezas arvenses y ruderales, producto involuntario de largos milenios de civilización y desarrollo agrícola autóctono de Mesoamérica. Muchas de estas malezas desarrollan hoy enormes poblaciones y prevalecen con frecuencia sobre elementos introducidos de semejante afinidad ecológica. Como ejemplos cabe enumerar a los chicalotes (*Argemone grandiflora, A. ochroleuca, A. platyceras*, etc.), los acahuales (*Simsia amplexicaulis, S. lagasciformis, Tithonia tubiformis*), el mirasol (*Cosmos bipinnatus*), el nixtamal crudo (*Melampodium divaricatum*), el confitillo (*Parthenium bipinnatifidum*), el ojo de gallo (*Sanvitalia procumbens*), el chayotillo (*Sicyos deppei*), la perlilla (*Lopezia racemosa*), etc.

Avanzando más por la misma línea amerita al menos mención el hecho de que existe en México cierta proporción de cultivares, que al parecer conservan el carácter de endémicos. En su mayor parte se trata de plantas que se observan principalmente en huertos familiares y medios similares, como algunos tipos de nopales (*Opuntia* spp., *Nopalea* spp.), magueyes (*Agave* spp.), zarzamoras (*Rubus* spp.), chías (*Salvia* spp.), huauzontles (*Chenopodium* spp.), etc.

Sin embargo, existen también varias especies nativas de distribución restringida, que son ampliamente cultivadas como árboles de sombra o de ornato, como el fresno (*Fraxinus uhdei*), el álamo (*Populus fremontii* ssp. *mesetae*), el sauce (*Salix bonplandiana*), y el colorín (*Erythrina coralloides*).

Algunos elementos, como los más comunes magueyes pulqueros, mezcaleros y tequileros (*Agave angustifolia, A. salmiana* y *A. tequilana*), al igual que varias especies de nopales (*Opuntia*), sin dejar de pertenecer a la categoría de endémicas, en ciertas partes del país son objeto de cultivo muy intenso sobre superficies que cubren a menudo cientos y miles de hectáreas.

Los endemismos ligados a la condición de islas en medio del mar se concentran en México del lado del Pacífico, en particular en el Archipiélago de las Revillagigedo y en la Isla Guadalupe (Levin & Moran, 1989; Raven & Axelrod, 1978). Sin embargo, en conjunto no suman más de 2 géneros y 65 especies de plantas vasculares. De mayor importancia cuantitativa son los taxa restringidos en su distribución a penínsulas, pues para Baja California se determinan 20 géneros y 524 especies (Wiggins, 1980), mientras que de acuerdo con el último análisis de Estrada-Loera (com. pers.), en Yucatán cabe distinguir 3 géneros y 193 especies.

Como ya se indicó con anterioridad, el grueso de los elementos endémicos de la flora de México corresponde a una serie de islas (y eventualmente penínsulas) ecológicas de mayor extensión, entre las cuales destacan:

a) las zonas áridas sonorense, chihuahuense y la del Valle de Tehuacán - Cuicatlán; en menor grado también la queretano-hidalguense y la tamaulipeca;

b) el conjunto de las principales cordilleras, como las Sierras Madres Occidental, Oriental y del Sur, el Eje Volcánico Transversal, los sistemas montañosos de Chiapas, del norte de Oaxaca y del NW de Baja California;
c) el área de "tierra caliente" de la vertiente pacífica, desde Sonora hasta Chiapas, incluyendo la extensa depresión de la cuenca del río Balsas.

Entre las ínsulas de menor superficie, ricas en endemismos cabe resaltar en primer lugar las partes superiores de algunos macizos montañosos, como es la Sierra de la Laguna en Baja California Sur, el Cerro Potosí en Nuevo León, el Teotepec en Guerrero y el Zempoaltépetl de Oaxaca, así como el conjunto de las áreas ubicadas por encima del límite de la vegetación arbórea (±4000 m s.n.m.), sobre todo en el Pico de Orizaba, Ixtaccíhuatl, Popocatépetl y Nevado de Toluca.

Con base en mecanismos determinantes francamente ecológicos se manifiestan también los endemismos conocidos como edáficos. En este grupo ocupan en México un lugar prominente las gipsófitas, cuya distribución se concentra en la región árida chihuahuense, sobre todo en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. Powell y Turner (1974) citan 7 géneros y 65 especies de gipsófitas obligadas, endémicas a los afloramientos de suelos yesosos de la mencionada región y en los siguientes 17 años se ha descrito un importante contingente adicional de estas interesantes plantas.

Una porción moderadamente elevada de endemismos se encuentra asimismo entre los vegetales que crecen en substratos salinos, sobre todo en las cuencas endorréicas en condiciones de clima seco. Así, para la zona árida chihuahuense, Henrickson (1974) reconoció 3 géneros y 25 especies de halófitas de distribución restringida.

Otro grupo ecológico en que descuellan elementos endémicos es el que corresponde a plantas acuáticas y subacuáticas que prosperan en charcos y áreas pantanosas temporales de origen natural, que se presentan acá y allá en medio de pastizales y también de algunos otros tipos de vegetación. Este conjunto ha recibido en México poca atención todavía, pero incluye, entre otros, una serie de géneros confinados a tales ambientes, varios al parecer paleoendémicos.

Desde luego, un porcentaje significativo de endemismos florísticos mexicanos lo constituyen especies calcícolas, distribuidas principalmente a lo largo de la Sierra Madre Oriental y de las porciones calizas de la Altiplanicie. Menos cuantiosas, pero más llamativas por su distribución a menudo muy restringida son las calcífitas de la vertiente pacífica, donde los afloramientos de rocas sedimentarias marinas son con frecuencia reducidos y aislados. Este, por ejemplo, es el caso de una porción de la franja costera de Michoacán, de donde en los últimos tiempos se han descrito *Beiselia mexicana* y *Pinus rzedowskii*, especies que por su posición taxonómica apartada también apuntan a calificar como paleoendémicas.

Algunos otros miembros de la flora fanerogámica mexicana que aparentemente pertenecen al grupo de paleoendemitas son los géneros: *Acanthothamnus, Actinocheita, Alfaroa, Bonetiella, Ceratozamia, Chiangodendron, Chiranthodendron, Crossosoma, Dioon, Dyscritothamnus, Fouquieria, Guardiola, Lasiocarpus, Louteridium, Microspermum, Morkillia, Neopringlea, Olivaea, Ornithocarpus, Plocosperma, Pterostemon, Sericodes, Setchellanthus, Sohnsia* y muchos más.

Los taxa paleoendémicos representan reliquias de linajes vegetales del pasado geológico más o menos lejano y en tal condición poseen un significado especial, pues su existencia y sobre todo su concentración atestiguan la antigüedad tanto de la flora de que están formando parte, como también de las condiciones ecológicas en que se desarrollan, tanto las climáticas, como las fisiográficas, y por ende de la permanencia misma de determinadas áreas en calidad de tierra emergida. En México los paleoendemismos parecen ser particularmente abundantes entre las plantas adaptadas a la aridez, pero tampoco faltan en otras condiciones ambientales y es prioritario lograr una mejor identificación y catalogación de los mismos, pues se trata de un germoplasma particularmente valioso.

Un importante conjunto de taxa de distribución restringida, que en su mayoría han de considerarse como relictuales y en consecuencia paleoendémicos, es el que se encuentra en áreas que han funcionado como refugios de la flora (y seguramente también de la fauna) durante las épocas de clima cambiante del Pleistoceno (y de algunas épocas anteriores). La existencia de tales zonas de asilo apenas está comenzando a detectarse en México y seguramente faltan muchas por identificar. Algunos ejemplos son:

a) la parte inferior de la cuenca de Cuatro Ciénegas, en Coahuila, para la cual Pinkava (1984) reconoce 23 especies endémicas;
b) la llanura (en otros tiempos lacustre) de Rioverde, en San Luis Potosí, con 2 géneros (*Geissolepis, Stephanodoria*) y un amplio conjunto de especies endémicas;
c) la región del Valle de Tehuacán - Cuicatlán, en los límites de Puebla y Oaxaca, con 2 géneros (*Oaxacania, Pringleochloa*) y alrededor de 30 especies endémicas (Smith, 1965);
d) las regiones calurosas del Cañón del Zopilote y de la Presa del Infiernillo, en la cuenca del Balsas (Guerrero y Michoacán), con un contingente importante de especies endémicas, según Guevara-Fefer y Rzedowski (1980), C. Toledo (1982) así como Kohlmann y Sánchez (1984);
e) la franja del bosque de *Engelhardtia* y algunas áreas aledañas de la Sierra de Juárez del N de Oaxaca, con numerosas especies endémicas (Lorence y García, 1988);
f) la región de Uxpanapa, en el Istmo de Tehuantepec (Veracruz y Oaxaca), señalada por Wendt (1989) con 3 géneros (*Chiangodendron* y 2 sin describir) y 36 especies endémicas;
g) la región de la Selva Lacandona del NE de Chiapas, indicada como refugio por V.M. Toledo (1982) y de la cual recientemente se ha descrito la familia endémica nueva Ladandoniaceae (Martínez y Ramos, 1989);
h) la comarca de Soconusco del SE del mismo estado, rica en endemismos, de acuerdo con Miranda (1952, 1957) y V.M. Toledo (1982).

Cabe comentar aquí que una importante proporción de los endemismos de las regiones de Cuatro Ciénegas y de Rioverde (a y b) consiste de gipsófitas, para el conjunto de las cuales Turner y Powell (1979) postulan una muy antigua historia evolutiva.

A su vez los ejemplos más claros de especies neoendémicas se encuentran en grupos evolutivamente muy activos, como es el caso de *Acacia, Castilleja, Croton, Desmodium, Epidendrum, Eryngium, Lonchocarpus, Lupinus, Mammillaria, Miconia, Muhlenbergia, Phoradendron, Piper, Quercus, Rondeletia, Salvia, Senecio, Solanum, Spiranthes, Tigridia, Verbesina* y muchos otros.

Infortunadamente la escasez de conocimientos sobre números cromosómicos no permite aplicar ampliamente para la flora de México los criterios de la clasificación de Favarger y Contandriopoulos (1961), pero al menos la presencia de esquizoendemismos o endemismos vicariantes fue señalada para especies de *Deppea, Randia, Ruellia* y *Salvia* por Ramamoorthy y Lorence (1987) y también puede observarse en otros diversos géneros como *Brahea, Dasylirion, Florestina, Opuntia, Pinus, Polygala, Stenocereus, Tillandsia, Yucca*, etc.

UBICACION DEL ENDEMISMO

Desde el punto de vista práctico resulta cada vez más interesante saber en qué universos específicos se concentran los organismos de distribución restringida y urge realizar estudios detallados sobre este particular, pues los conocimientos actuales son todavía escasos y fragmentarios en México. A continuación procuraré esbozar algunas ideas y estimaciones generales acerca de la forma como tienden a distribuirse los endemismos de la flora fanerogámica del país, tanto en lo que toca a grupos y tipos de plantas, como también en función de diferentes ambientes y por último a nivel de unidades geográficas.

El cuadro 5 resume los valores de una estimación gruesa de la importancia relativa de los elementos de distribución restringida dentro de cada una de las principales formas

Cuadro 5. Estimación de la proporción de endemismo en algunas categorías de formas biológicas que conforman la flora fanerogámica de México.

	Géneros		Especies	
	en total	% de endémicos	en total	% endémicas
1. árboles	±400	±0.5	±2500	±40
2. arbustos	±900	±12	±6500	±60
3. bejucos (trepadoras leñosas)	±60	±1	±300	±15
4. plantas herbáceas (excluyendo 5 y 6)	±750	±12	±6500	±60
5. epífitas	±150	±7	±1200	±30
6. plantas acuáticas y subacuáticas	±150	±6	±1000	±15

Nota: En el caso de especies que presentan individuos pertenecientes a más de una forma biológica se les asignó a la categoría que se manifiesta con mayor frecuencia; en el caso de muchos de los géneros se les ubicó en la forma biológica correspondiente a la mayoría de sus especies.

biológicas en que pueden clasificarse los representantes de la flora fanerogámica de México. Aunque muy aproximadas, las proporciones claramente indican que los arbustos y las plantas herbáceas terrestres, que en conjunto contienen cerca de las tres cuartas partes de la flora del país, son además los más ricos en cuanto al endemismo. En el número absoluto y en el porcentaje de especies les siguen en importancia los árboles; sin embargo, esta última forma biológica encierra muy pocos géneros de distribución restringida, al igual que los bejucos. Dentro de la categoría de las plantas herbáceas terrestres cabe enfatizar el hecho de que la proporción del endemismo es por lo general mucho más elevada entre las perennes que entre las anuales.

A nivel de las familias más importantes de la flora también existen contrastes de consideración (cuadro 6), pues mientras en Gramineae y Orchidaceae sólo alrededor de un cuarto y un tercio de las especies, respectivamente, es de carácter endémico, en Malvaceae y Leguminosae este elemento constituye aproximadamente la mitad del total y en Compositae, Rubiaceae y Cactaceae alcanza las 2/3 partes. Por otro lado, es notable que Malvaceae y sobre todo Leguminosae registren pocos géneros de distribución restringida.

Cuadro 6. Proporción de endemismo en algunas familias de la flora fanerogámica de México.

	a nivel de género	a nivel de especie
Cactaceae[1]	±36%	±72%
Rubiaceae[1]	±14%	±69%
Compositae[2]	±14%	±66%
Orchidaceae[3]	±8%	±35%
Gramineae[4]	±6%	±25%
Malvaceae[5]	5%	48%
Leguminosae[6]	±2%	±52%
Burseraceae	20%	±89%
Bignoniaceae	0%	±1%
Hernandiaceae	0%	0%
Taxaceae	0%	100%
Lacandoniaceae	100%	100%

[1] Valores obtenidos por medio de muestreo; [2]según B.L. Turner y G. Nesom (com. pers.); [3]de acuerdo con Soto (1988); [4]según J.X.I. Becerra (com. pers.); [5]según Fryxell (1988); [6]de acuerdo con el cálculo de M. Sousa (com. pers.).

Para referencia se muestra asimismo las proporciones en algunas familias de mediana importancia (Burseraceae y Bignoniaceae), al igual que en otras escasamente representadas en México, en donde cabe observar las situaciones extremas.

Aunque estos valores claramente indican que diferentes grupos de fanerógamas no contribuyen de la misma manera a la riqueza en taxa de distribución restringida, la interpretación de estas disimilitudes no debe ser demasiado rígida, pues es importante tomar en cuenta que: a) la circunscripción de los géneros a menudo varía de una familia

Cuadro 7. Magnitud del endemismo entre los géneros de la flora leñosa mexicana y sus correlaciones con el clima hídrico. Reproducido de Rzedowski (1962).

Géneros	Endémicos	Totales	% de endémicos
Existentes en zonas de clima árido de México	93	217	43
Existentes en zonas de clima semiárido de México	113	410	28
Existentes en zonas de clima semihúmedo de México	74	660	11
Existentes en zonas de clima húmedo de México	19	503	4
Difíciles de definir, inciertos y cultivados	5	31	

Cuadro 8. Proporción estimada de especies endémicas en la flora de diferentes tipos de vegetación de México, expresada en porciento con respecto al número total de especies de cada unidad de vegetación. Los valores se basan en pocos recuentos y por consiguiente representan aproximaciones gruesas. Reproducido de Rzedowski (1991).

	México	Megaméxico 1	Megaméxico 2	Megaméxico 3
Matorrales xerófilos y pastizales	±60	±90	±60	±90
Bosques de coníferas y de encino	±70	±75	±80	±85
Bosque mesófilo de montaña	±30	±30	±60	±60
Bosque tropical perennifolio	±5	±5	±20	±20
Bosques tropicales subcaducifolio, caducifolio, y espinoso	±40	±40	±60	±60
Vegetación acuática y subacuática	±15			±20
Vegetación ruderal y arvense	±20			±30

a otra, y b) el endemismo con frecuencia se manifiesta a niveles infragenéricos (subgéneros, secciones, series o simplemente grupos de especies emparentadas), hecho que no se ha tomado en cuenta en esta tabulación.

Como quedó mostrado hace unos 30 años (Rzedowski, 1962), existe una notable correlación entre la proporción de géneros endémicos en la flora del país y el grado de aridez climática. El cuadro 7, reproducido del mencionado trabajo, indica los valores numéricos correspondientes, obtenidos del análisis de las plantas leñosas. En lo que concierne a elementos herbáceos, la situación es similar, aunque al parecer las discrepancias entre los diferentes tipos de ambientes no son tan amplias.

Sin embargo, ya desde las contribuciones de Hemsley (1886-1888) se sabe que a nivel de especie la flora de las regiones montañosas de México, cubiertas mayormente por bosques de coníferas y de encino, es tan rica en endemismos como la de las zonas secas. Con el objeto de ilustrar un poco más a fondo la forma como queda moldeada a grosso modo la distribución de las especies de área restringida en función del clima, de la vegetación y de algunos otros factores ambientales, se presenta el cuadro 8, tomado de Rzedowski (1991).

Estas proporciones numéricas confirman el hecho de que los climas cálido-húmedos en México son los que menos "favorecen" la concentración de elementos endémicos de la flora fanerogámica, condición que debe obedecer a profundas razones de índole paleoecológica (véase V.M. Toledo, 1982). Los ambientes cálido-semihúmedos así como los templado-húmedos ocupan una posición intermedia. Los mayores números y porcentajes de distribución restringida corresponden en este país a las regiones en que prevalecen los climas secos, los semisecos y también los templado-semihúmedos.

Cuadro 9. Proporción de endemismo en las floras de algunas regiones de México.

	Superficie en km²	Géneros		Especies	
		en total	% de endémicos	en total	% de en endémicas
Zona árida sonorense (incluye pequeñas porciones de E.U.A.)[1]	310000	746	3	2441	27
Baja California[2]	144000	884	2	2958	23
Isla Guadalupe[3]	249	138	2	164	19
Isla Revillagigedo[4]	142	105	0	136	32
Cima del Cerro Potosí[5]	0.5	77	0	95	16
Valle de Tehuacán-Cuicatlán[6]	±10000	633	0.4	±1500	±30
Península de Yucatán (parte mexicana)[7]	142000	733	0.4	±1900	±8

[1]De acuerdo con Wiggins (1964); [2]de acuerdo con Wiggins (1980); [3]siguiendo a Raven y Axelrod (1978); [4]de acuerdo con Levin y Moran (1989); [5]de acuerdo con García-Arévalo y González-Elizondo (1991); [6]siguiendo a Villaseñor et al. (1990); [7]según los cálculos de Estrada-Loera (com. pers.).

Aún es poca la información en lo que se refiere a la distribución cuali y cuantitativa del endemismo a través de las diferentes regiones del país.

El cuadro 9 resume los datos conocidos con respecto a algunas comarcas, cuyas floras destacan por la elevada proporción de especies y/o géneros de repartición restringida. Cabe aclarar que los valores que se indican corresponden a endemismos regionales o locales, o sea sin tomar en cuenta los relativos a todo el territorio de la República.

En el capítulo concerniente a tipos de endemismo se mencionan varias áreas adicionales, que se han detectado en México y en las que existen concentraciones de elementos florísticos de distribución restringida.

En plan nacional y a grandes rasgos es factible definir la existencia de dos asimetrías sobresalientes: A nivel de género prevalecen mucho más los endemismos en la mitad septentrional del país que en la meridional. En números de especies, en cambio, predomina ampliamente la vertiente pacífica sobre la atlántica. Ambos fenómenos son función directa de la ubicación de las islas ecológicas a las que se hizo referencia en los párrafos anteriores. Ya McVaugh (1983) enfatizó la existencia de una gran proporción de especies de distribución restringida en la flora del occidente de México. Del lado oriental, en contraste, si bien es trascendental la cuantía de los endemismos de la Sierra Madre Oriental así como de las zonas áridas y semiáridas de Tamaulipas y de la cuenca del Papaloapan, no lo es tanto la del resto de los territorios que drenan hacia el Golfo de México y el Mar Caribe.

Es importante, sin embargo, enfatizar una vez más el notable hecho de que el grueso de los endemismos de la flora mexicana posee un área de distribución relativamente vasta (mayor de 100000 km²), pues éstos se extienden a lo largo de amplias provincias fisiográficas o ecológicas, como son la Altiplanicie Mexicana, la zona árida sonorense, la Sierra Madre Occidental, o aún de conjuntos más grandes. De esta suerte, si se exceptúan las porciones cálido-húmedas del sureste del país así como las zonas próximas a las fronteras de la República, practicamente en cualquier punto de México la flora de comunidades terrestres, no excesivamente perturbadas, contiene un elevado porcentaje de elementos de distribución restringida a los límites territoriales.

AGRADECIMIENTOS

Doy las gracias a Jorge Llorente, a Graciela Calderón de Rzedowski, a Rogers McVaugh y a Sergio Zamudio por la revisión del manuscrito de este trabajo y por las sugestiones recibidas para mejorarlo.

LITERATURA CITADA

Dengo, G. 1973. Estructura geológica, historia tectónica y morfología de América Central. Centro Regional de Ayuda Técnica. A.I.D. 2a. ed. México, D.F. 52 pp.

Favarger, C. & J. Contandriopoulos. 1961. Essai sur l'endemisme. Bull. Soc. Bot. Suisse 71: 384-408.

Flores V., O. & P. Gerez. 1988. Conservación en México: Síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso del suelo. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Ver. 302 pp.

Fryxell, P.A. 1988. Malvaceae of Mexico. Syst. Bot. Monogr. 25: 1-522.
García-Arévalo, A. & S. González-Elizondo. 1991. Flora y vegetación de la cima del Cerro Potosí, Nuevo León, México. Acta Bot. Mex. 13: 53-74.
Gentry, A.H. 1982. Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the Andean orogeny? Ann. Mo. Bot. Gard. 69: 557-593.
Gentry, A.H. 1986. Endemism in tropical versus temperate plant communities. In: Conservation biology, the science of scarcity and diversity. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Mass. pp. 153-181.
Goldblatt, P. 1978. An analysis of the flora of Southern Africa: its characteristics, relationships, and origins. Ann. Mo. Bot. Gard. 65: 369-436.
Guevara-Fefer, F. & J. Rzedowski. 1980. Notas sobre el género *Bursera* (Burseraceae) en Michoacán (México). I. Tres especies nuevas de los alrededores de la Presa del Infiernillo, con algunos datos relativos a la región. Bol. Soc. Bot. Méx. 39: 63-81.
Hemsley, W.B. 1886-1888. Outlines of the geography and the prominent features of the flora of Mexico and Central America. In: Biologia Centrali-Americana, Botany, vol. IV. R.H. Porter. London. pp. 138-315.
Henrickson, J. 1977. Saline habitats and halophytic vegetation of the Chihuahuan Desert region. In: Transactions of the Symposium on the Biological Resources of the Chihuahuan Desert Region. National Park Service Transactions and Proceedings Series No. 3. Washington, D.C. pp. 289-314.
Johnston, M.C. 1977. Brief resume of botanical, incluiding vegetational features of Chihuahuan Desert. In: Transactions of the Symposium the Biological Resources of the Chihuahuan Desert Region. National Park Service Transactions and Proceedings Series No. 3. Washington, D.C. pp. 335-359.
Keigwin, L.D., Jr. 1978. Pliocene closing of the Isthmus of Panama, based on biostratigraphic evidence from nearby Pacific Ocean and Caribbean sea cores. Geology 6: 630-634.
Kohlmann, B. & S. Sánchez. 1984. Estudio areográfico del género *Bursera* Jacq. ex L. (Burseraceae) en México; una síntesis de métodos. In: Métodos Cuantitativos en la Biogeografía. Instituto de Ecología. México, D.F. pp. 43-120.
Levin, G.A. & R. Moran. 1989. The vascular flora of Isla Socorro, México. San Diego Soc. Nat. Hist. Mem. 16: 1-71.
Lorence, D.H. & A. García M. 1989. Oaxaca, México. In: Floristic Inventory of Tropical Countries. New York Botanical Garden. New York. pp. 253-269.
Maguire, B. 1970. On the flora of the Guayana highland. Biotropica 2: 85-100.
Martínez, E. & C.H. Ramos. 1989. Lacandoniaceae (Triuridales): una nueva familia de México. Ann. Mo. Bot. Gard. 76: 128-135.
McVaugh, R. 1983. Plan of the Flora Novo-Galiciana. In: Flora Novo-Galiciana. The University of Michigan Press. Ann. Arbor, Mich. vol. 14. pp. 1-3.
Miranda, F. 1952. La vegetación de Chiapas. Ediciones del Gobierno del Estado. Tuxtla Gutiérrez, Chis. 2 vols.
Miranda, F. 1957. Vegetación de la vertiente del Pacífico de la Sierra Madre de Chiapas y sus relaciones florísticas. Proc. 8th Pacif. Sci. Congr. 4: 438-453.
Pinkava, D.J. 1984. Vegetation and flora of the Bolson of Cuatro Cienegas region, Coahuila, Mexico: IV. Summary, endemism and corrected catalogue. Journ. Ariz. Nev. Acad. Sci. 19: 23-47.
Powell, A.M. & B.L. Turner. 1974. Aspects of the plant biology of the gypsum outcrops of the Chihuahuan Desert. In: Transactions of the Symposium on the Biological Resources of the Chihuahuan Desert Region. National Park Service Transactions and Proceedings Series No. 3. Washington, D.C. pp. 315-333.
Ramamoorthy, T.P. & D.H. Lorence. 1987. Species vicariance in the Mexican flora and description of a new species of *Salvia* (Lamiaceae). Bull. Mus. Nat. Hist. Nat. Paris 4e. Sér. 9, Sect. B. Adansonia No. 2: 167-175.
Raven, P.H. 1976. Ethics and attitudes. In: Conservation of Threatened Plants. Plenum Press. New York. pp. 155-179.

Raven, P.H. & D.I. Axelrod. 1978. Origin and relationships of the California flora. Univ. Calif. Publ. Bot. 72: 1-134.
Rzedowski, J. 1962. Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México. I. Algunas consideraciones acerca del elemento endémico en la flora mexicana. Bol. Soc. Bot. Méx. 27: 52-65.
Rzedowski, J. 1973. Geographical relationships of the flora of Mexican dry regions. In: Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America. Elsevier Scientific Company. Amsterdam. pp. 61-72.
Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Bot. Mex. 14: 3-21.
Soto, A., M.A. 1988. Listado actualizado de las orquídeas de México. Orquídea (Méx.) 11: 233-277.
Toledo, C. 1982. El género *Bursera* (Burseraceae) en el estado de Guerrero (México). Tesis. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 182 pp.
Toledo, V.M. 1982. Pleistocene changes of vegetation in tropical Mexico. In: Biological Diversification in the Tropics. Columbia University Press. New York. pp. 93-111.
Toledo, V.M. 1988. La diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo 81: 18-30.
Tryon, R. 1972. Endemic areas and geographic speciation in tropical American ferns. Biotropica 4: 212-231.
Turner, B.L. & A.M. Powell. 1979. Deserts, gypsum and endemism. In: Arid Land Plant Resources. International Center for Arid and Semi-arid Land Studies. Texas Tech University. Lubbock, Tex. pp. 96-116.
Villaseñor, J.L. 1990. The genera of Asteraceae endemic to Mexico and adjacent regions. Aliso 12: 685-692.
Villaseñor, J.L., P. Dávila & F. Chiang. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Bol. Soc. Bot. Méx. 50: 135-149.
Wendt, T. 1989. Las selvas de Uxpanapa, Veracruz-Oaxaca, México: evidencia de refugios florísticos cenozoicos. An. Inst. Biol. Méx. Ser. Bot. 58: 29-54.
Wiggins, I.L. 1964. Flora of the Sonoran Desert. In: F. Shreve & I.L. Wiggins. Vegetation and flora of the Sonoran Desert. Stanford University Press. Stanford, Calif. pp. 189-1740.
Wiggins, I.L. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press. Stanford, Calif. 1025 pp.

Acta Botánica Mexicana (1991), 15:65-70

UN CASO TERATOLOGICO DE FASCIACION EN *AGAVE INAEQUIDENS* C. KOCH (AMARYLLIDACEAE) EN LA CUENCA DE PATZCUARO, MICHOACAN (MEXICO)

Xavier Madrigal-Sanchez

Escuela de Biología, Universidad
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
58060 Morelia, Mich. México

Horalia Díaz-Barriga

Instituto de Ecología, Centro Regional del Bajío
Apartado postal 386; 61600 Pátzcuaro, Mich. México

RESUMEN

Se describe un caso teratólogico de fasciación en un individuo silvestre de *Agave inaequidens* C. Koch de la Cuenca de Pátzcuaro, Michoacán (México). El habitat corresponde a un bosque de pino-encino muy perturbado, con precipitación total anual de ±1 000 mm, temperatura media anual de 16 °C, con suelo Andosol, y de roca andesítica.

La anomalía más notoria consiste en el ensanchamiento del escapo, que en vez de la forma cilíndrico-cónica típica es aplanado, con 1.4 m de anchura máxima en la parte media, aunque la altura que es de 4.25 m, se considera normal para la especie.

ABSTRACT

A teratological phenomenon known as fasciation is described from an individual of the wild species *Agave inaequidens* C. Koch, growing in the Patzcuaro Basin, State of Michoacan (Mexico). The habitat corresponds to strongly disturbed pine-oak forest, with a total annual rainfall of ±1 000 mm, 16 °C of mean annual temperature, and soils of Andosol type and andesitic bedrock.

The most striking morphological character is the widening of the scape, wich is flat, reaches 1.4 m at the middle, even though it has a normal height of 4.25 m.

INTRODUCCION

La fasciación es un fenómeno biológico ampliamente conocido en algunos grupos vegetales, que se conoce en la tercera parte de las familias de plantas vasculares (White, 1948). También se le ha denominado con los términos de “cristato”, “quimera”, “monstruosidad” y “fascia”. En general se refiere a una condición morfológica anormal, que se relaciona con un cambio morfo-fisiológico en las plantas vasculares, que consiste en el aplanamiento y angostamiento, a veces acompañado de la bifurcación de tallos a partir de la forma normal cilíndrica, debido a la formación de cuerdas ligadas de meristemos -en vez de un meristemo simple- en los ápices de crecimiento (Salinas Quinard, 1970). La característica más importante de la fasciación es que no existe una regulación en el

crecimiento del tejido, en peso y volumen, debido a una alteración en el metabolismo, acumulándose los nutrientes utilizados en el crecimiento en una determinada área de la planta, resultando así una forma irregular. Este fenómeno aparentemente se encuentra ausente en plantas de ambientes halófilos e hidrófilos (White, op. cit.).

Además del interés científico, la fasciación tiene importancia económica, ya que las formas cristatas de las familias Cactaceae, Euphorbiaceae y Crassulaceae, son muy apreciadas y motivo de propagación con fines ornamentales; así también los frutos fasciados de la fresa (*Fragaria vesca*) y el maíz (*Zea mays*) son considerados de alto valor. En especies arbóreas pueden afectar la calidad y volumen de la madera, aunque por el hecho de presentarse en pocos individuos no ocasionan pérdidas económicas considerables.

En México los casos de fasciación que se conocen a través de la literatura y que han sido ilustrados mediante fotografías, corresponden a las especies *Lophophora williamsii* (Wagner, 1962), *Pachycereus pringlei* (Moran, 1962), *Pachyphytum compactum, Machaerocereus gummosus* (Gold, 1965), *Melia azedarach* (Salinas, 1970), *Escontria chiotilla, Cereus peruvianus, Stenocereus marginatus, Lophocereus schottii, Stenocereus dumortieri* (Sánchez-Mejorada, 1971), *Lemaireocereus thurberi, Machaerocereus gummosus, Idria columnaris* (Martin,1972), todos localizados en poblaciones de la península de Baja California, en la Estación San Blas del Estado de Sinaloa y en la Región del Balsas, con excepción de *Melia azedarach*, que se observó en el estado de San Luis Potosí y que en México corresponde a una especie introducida.

Del género *Agave*, quizás la información más antigua registrada en México es la de Urbina (1906), quien describe lo que llamó una "monstruosidad" en *Agave rigida* Miller, a partir de una muestra enviada por Alfredo Dugès de la península de Yucatán, la cual consistía en la sustitución completa de las flores por yemas foliáceas en varios pedúnculos de la inflorescencia; esta deformación es considerada como un caso de heterotaxia.

Moran (1962a) hace referencia a un individuo de *Agave goldmaniana* Trel., localizado cerca de Bahía de los Angeles en la parte central de la península de Baja California, el cual presentaba el escapo con desarrollo cristado, sin mencionar más detalles de sus características morfológicas. Lee (1983) describe brevemente en *Agave shawii* var. *goldmaniana*, una estructura "fantástica" con forma cristata del escapo de la inflorescencia.

Como posibles causas de la fasciación, se han propuesto tanto factores internos como externos (Stebbins, 1950). Los primeros se refieren a las potencialidades reproductivas y a los mecanismos genéticos de las especies diploides; y de los externos, el principal factor consiste en la disponibilidad de nuevos habitats (nichos ecológicos), que son a los que Urbina (1906) hace mención en términos generales.

El ejemplar a que se hace referencia en esta comunicación, pertenece a la especie nativa *Agave inaequidens*, de las Amaryllidaceae, que se distribuye ampliamente en los bosques de pino y encino en los estados de México, Distrito Federal, Morelos, Michoacán, Colima y Jalisco, entre 1,850 y 2,480 m s.n.m. (Gentry, 1982).

La forma en que se tuvo conocimiento de este fenómeno fue a través de la Sra. Josefina Torres Calderón, quien a principios de 1990, informó a uno de los autores sobre la existencia de una "planta rara" que se encontraba cerca del Rancho La Tinaja. En esta localidad, los autores entrevistaron al Sr. Gilberto Solorio Velázquez, propietario del terreno donde se encontraba el maguey motivo de este estudio y quien proporcionó a su vez parte

de la información general, permitiendo libremente el acceso para realizar las observaciones pertinentes. Por la información obtenida, se pudo averiguar que el Sr. Solorio Velázquez descubrió el crecimiento anormal del "quiote" (escapo) en mayo de 1989, en su etapa juvenil.

Por tratarse de un fenómeno poco común, se le ha relacionado con una visión sobrenatural de origen religioso y ha sido motivo de veneración y culto por parte de algunas personas de la región, atribuyéndosele "curaciones milagrosas". Se ha celebrado inclusive una misa y se han colocado "milagros", veladoras, flores, adornos y monedas.

DESCRIPCION DE LA LOCALIDAD

El ejemplar estudiado se encuentra en la cima del Cerro Chato del Zapote, al W del Rancho La Tinaja y aproximadamente a 10 km al E de la Ciudad de Pátzcuaro, cerca de la carretera federal no. 14 Pátzcuaro-Morelia, a una altitud de 2350 m s.n.m. El área donde se encuentra presenta un notable grado de alteración en la vegetación, ya que por referencias se sabe que fue explotado intensamente para la extracción de la madera de pino. El lugar está limitado por una parte con un predio en el que actualmente se cultiva maíz y el resto con vegetación perturbada; la pendiente del terreno es de más o menos 5%. Los individuos de *Agave* de la misma especie más próximos al ejemplar estudiado, se hallan más o menos a 20 m de distancia.

El clima de la región es $C(w_2)(w)b(e)g$ templado subhúmedo, con lluvias de verano que se extienden en parte al otoño; el porcentaje de lluvia invernal es menor de 5% del total anual. El régimen térmico es de verano fresco y largo, con poca oscilación térmica; la máxima temperatura se presenta antes del solsticio de verano; la temperatura media anual es de ±16 °C; la precipitación media anual de ±1 000 mm. Se registran dos estaciones climáticas definidas: la época de secas que comprende de diciembre a mayo y la de lluvias en la otra mitad del año (Barrera-Bassols, 1986).

La vegetación dominante en esta localidad corresponde a un bosque de pino-encino, donde las especies arbóreas dominantes son *Pinus lawsonii, Quercus castanea, Arbutus xalapensis, Crataegus pubescens, Prunus serotina* ssp. *capuli*, con altura promedio de 4 a 6 m. En las proximidades del sitio, como en la mayor parte del Cerro Chato del Zapote, son comunes las especies arbóreas *Quercus obtusata* y *Q. rugosa*.

El uso del suelo actualmente es para madera en pequeña escala con fines domésticos y para pastoreo extensivo de ganado bovino.

El suelo es profundo, correspondiendo a la unidad Andosol de la clasificación FAO-UNESCO. El tipo de roca es andesita.

ANOMALIAS OBSERVADAS

El presente caso de estudio corresponde más particularmente con lo que otros autores (Hubert, 1931; Kienholz, 1932; Fowler, 1936; Martínez, 1944; White, 1948; Boyce, 1961; Salinas Quinard, 1970) han descrito con el nombre de fascia, por la simetría bilateral que presenta el escapo.

Las anomalías más aparentes que presenta el ejemplar motivo de esta comunicación, se refieren a las siguientes características estructurales atípicas:

El escapo se origina de la porción central de la roseta de hojas en la forma normal, pero en vez de tener la típica simetría radial y de sección circular se presenta en forma bilateral, de aproximadamente 10 cm de espesor en la base y adelgazándose hacia la parte superior hasta 1.5 cm de grueso.

La anchura máxima de este escapo aplanado es de 1.4 m hacia la parte media y en la base de 0.6 m, angostándose ligeramente de la mitad a la parte superior, donde se observaron 5 ondulaciones o lóbulos, en cuyo borde se encuentran insertos los pedúnculos de las inflorescencias, dispuestas de manera irregular con variación aproximada de 30 cm, correspondientes a las entrantes de las lobulaciones. La altura total del escapo de 4.25 m se considera normal.

La longitud de los pedúnculos es de ±10 cm hasta 100 cm y el número de éstos suma 90 en total. Los pedúnculos son casi cilíndricos en toda su longitud, aunque ligeramente aplanados en la base. En los individuos normales observados en la misma localidad, el número de pedúnculos parciales (ramas principales de la panícula) es variable, desde 9 hasta 37 aproximadamente.

Las brácteas del escapo aplanado son de tamaño más pequeño que en los individuos normales, de ±11 cm de longitud por ±4.5 cm de ancho en la base, en contraste con las normales que son de ±24 cm de largo por 10.5 cm de ancho. Conforme se distribuyen hacia la parte apical, en ambos casos las brácteas son cada vez más cortas y menos anchas.

Los frutos son de menor tamaño que los normales, de 2.5 cm de largo por 1.5 cm de diámetro, mientras que los comunmente bien desarrollados son de 5 cm por 2.5 cm respectivamente. El número de cápsulas es mayor que en los ejemplares normales y las semillas aparentemente no muestran anomalías, salvo el tamaño más reducido; de su viabilidad no se sabe nada, debido a que se encontró solamente un número muy reducido de ellas.

Las flores no se observaron, debido a la época del año en que se realizó el estudio. El resto de las estructuras y órganos aparentemente son normales, con la roseta de hojas de 3.0 m de diámetro y altura hasta la base del escapo atrofiado de 0.7 m, lo cual coincide con las dimensiones citadas para la especie.

Además de los individuos normales de *Agave inaequidens* que se encuentran profusamente en la localidad, se observaron como casos poco comunes, la presencia de varias plantas originadas del mismo tallo, generalmente en número de tres, en apariencia bien desarrolladas, cuyo origen quizás podría deberse a que la planta madre haya muerto por enfermedad o plagas y generado previamente nuevos brotes (hijuelos), que después se transforman en plantas adultas.

También se observó un ejemplar al que se había cortado desde la base el escapo primario y que después de algún tiempo emitió hasta 8 escapos secundarios de ±1.3 m de longitud; en el momento de la observación presentaban botones florales y además algunos tenían en la base pequeñas plantas jóvenes originadas aparentemente por yemas (bulbilos). Este mismo fenómeno fue registrado en *Agave shawii* var. *goldmaniana* en Baja California Norte (Clark et al., 1989), aunque en este último caso no se menciona la presencia de plántulas en la base de los escapos a partir de bulbilos.



Fig. 1. Acercamiento al ejemplar estudiado de *Agave inaequidens* C. Koch. Cerro Chato del Zapote. Rancho La Tinaja, municipio Pátzcuaro. Foto: F. J. López Cuéllar.

AGRADECIMIENTOS

Se hace patente el agradecimiento a las siguientes personas: a la Sra. Josefina Torres Calderón por la primera información recibida, al Ingeniero Francisco Javier López Cuéllar por haber proporcionado la fotografía que ilustra esta publicación; al M. en C. Miguel Martínez Trujillo, por haber permitido la consulta de su biblioteca; a la Bióloga Juana Huerta Crespo y al M. en C. Abisaí García, por el envío de fotocopias de la bibliografía requerida;

al Licenciado Jaime Arrangoiz Ordañanos, por la traducción de uno de los artículos y al Químico Bacteriólogo Parasitológo Rodolfo Salinas Quinard, por su información respecto a su experiencia sobre el conocimiento del fenómeno de fasciación.

Se hace el reconocimiento respectivo al Dr. J. Rzedowski, del Centro Regional del Bajío del Instituto de Ecología y al Dr. Gerardo Sánchez Díaz, Coordinador de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por su interés y facilidades para que se llevara a cabo la presente investigación, así como la lectura y sugerencias del manuscrito final por parte del Dr. J. Rzedowski y la Bióloga Graciela Calderón de Rzedowski.

LITERATURA CITADA

Barrera-Bassols, N. 1986. La Cuenca de Pátzcuaro, Michoacán: aproximación al análisis de una región natural. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 391 pp.

Boyce, J. S. 1961. Forest pathology. Third edition. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York. 572 pp.

Brauer, O. 1981. Fitogenética aplicada. Limusa. México, D. F. 518 pp.

Clark, W. H., P. J. Johnson y P. E. Blom. 1989. Tallos florales múltiples en *Agave shawii* (Trel.) Gentry en Baja California Norte. Cact. Suc. Mex. 34(4): 87-89.

Fowler, M. E. 1936. Fasciation of *Betula pendula dalecarlica*. Phytopathology 26: 390-392.

Gentry, H. S. 1982. Agaves of continental North America. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. 670 pp.

Gold, B. D. 1965. Las Cactáceas del Edo. de Baja California. Cact. Suc. Mex. 10(1): 16-18.

Hubert, E. 1931. An outline of forest pathology. John Wiley and Sons, Inc. New York. 543 pp.

Kienholz, R. 1932. Fasciation in red pine. Phytopathology. 22: 15.

Lee, M. 1983. A fantastic flower stalk-crest. *Agave shawii* var. *goldmaniana*. Cact. Succ. Journ. 55: 244.

Martin, F. V. 1972. Un viaje a La Punta de Baja California. Cact. Suc. Mex. 17(1): 15-27. 17(3): 74-84.

Martínez Crovetto, R. 1944. Monstruosidades en compuestas, II. Lilloa 14: 75-92.

Moran, R. 1962a. Una planta monstruosa de *Pachycereus pringlei*. Cact. Suc. Mex. 7(1): 19-20.

Moran, R. 1962. Un tallo floral cristato en *Agave goldmaniana*. Cact. Suc. Mex. 7(2): 43.

Salinas Quinard, R. 1970. Sobre la formación de fascias en plantas de "paraíso" (*Melia azedarach* L.). Notas Técnicas Inst. Nac. Invest. Forest. 7: 1-3.

Sánchez-Mejorada, H. 1971. Una monstruosidad espiralada de *Escontria chiotilla*. Cact. Suc. Mex. 16(3): 59-61.

Stebbins Jr., G. L. 1950. Variation and evolution in plants. Columbia University Press. New York. 643 pp

Urbina, M. 1906. Una monstruosidad del *Agave rigida* Miller. An. Inst. Med. Nac. 8: 75-79.

Wagner, E. 1962. Excursión al Infiernillo. Cact. Suc. Mex. 7(4): 92-95.

White, O. E. 1948. Fasciation. Bot. Rev. 14: 319-358.

Esta revista aparece gracias
al apoyo económico otorgado por
el Consejo Nacional de Ciencia
y Tecnología, México.

Toda correspondencia referente a
suscripción, adquisición de
números o canje, debe dirigirse a:

ACTA BOTANICA MEXICANA

Instituto de Ecología
Centro Regional del Bajío
Apartado Postal 386
61600 Pátzcuaro, Michoacán
México

Suscripción anual:

México $ 15,000.00
Extranjero $ 15.00 U.S.D.